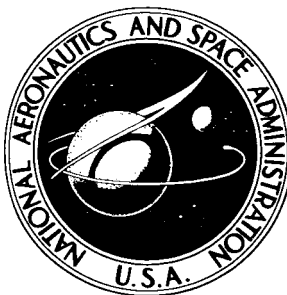


NASA TECHNICAL NOTE



NASA TN D-2905

NASA TN D-2905

FACILITY FORM 802

N65-27349	
(ACCESSION NUMBER)	(THRU)
50	1
(PAGES)	(CODE)
(NASA CR OR TMX OR AD NUMBER)	33
	(CATEGORY)

EQUILIBRIUM HYDRODYNAMIC VARIABLES BEHIND THE PRIMARY AND REFLECTED SHOCK WAVES IN ARGON AND NITROGEN

by Norman T. Grier
Lewis Research Center
Cleveland, Ohio

GPO PRICE \$ _____
CFSTI
OTS PRICE(S) \$ 3.00

Hard copy (HC) _____

Microfiche (MF) .50

**EQUILIBRIUM HYDRODYNAMIC VARIABLES BEHIND THE PRIMARY
AND REFLECTED SHOCK WAVES IN ARGON AND NITROGEN**

By Norman T. Grier

**Lewis Research Center
Cleveland, Ohio**

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION

For sale by the Clearinghouse for Federal Scientific and Technical Information
Springfield, Virginia 22151 - Price \$3.00

EQUILIBRIUM HYDRODYNAMIC VARIABLES BEHIND THE PRIMARY
AND REFLECTED SHOCK WAVES IN ARGON AND NITROGEN

by Norman T. Grier

Lewis Research Center

SUMMARY

The hydrodynamic variables behind the primary and reflected shock waves have been calculated for shocked gas temperatures up to 100 000° K in argon and 40 000° K in nitrogen. The initial pressure ranged from 10⁻⁶ to 1 atmosphere. Single ionization of atomic nitrogen was assumed in the calculations of the thermodynamic properties of nitrogen.

27349

Author

INTRODUCTION

With the advent of the combustion and the electrically driven shock tubes, extremely high shock wave velocities are now obtainable in the laboratory, thereby producing very high test gas temperatures. However, to fully utilize this hot gas for research purposes, the hydrodynamic variables behind the primary and reflected shock waves have to be known. The purpose of this report is to present these variables for high shock velocities in pure argon and pure nitrogen in thermodynamic equilibrium. These two gases were chosen for the following reasons. The behavior of nitrogen at high temperatures is similar to that of air, in that both major constituents of air first dissociate and then ionize. Therefore nitrogen is commonly used as a test gas to eliminate the adverse problems connected with oxidation. Use of pure nitrogen has the further advantage that it permits the study of the effects of dissociation without considering simultaneously the effects of several other chemical reactions. Similarly, by using argon gas, effects of ionization reactions may be studied independently of the effects of other reactions. Also, because of the higher molecular weight of argon, higher shock wave velocities are obtained in shock tubes using argon as the driven gas than in those using air for the same initial conditions.

The argon calculations were made using the graphs of reference 1, wherein the thermodynamic properties of argon are presented for temperatures up to 100 000° K and pressures up to 10⁴ atmospheres.

The thermodynamic properties required for calculating the shock wave properties of nitrogen were computed along with the hydrodynamic variables. The temperature limit was taken as 40 000° K with no limit on the pressure. The ideal-gas enthalpies needed in the calculations were taken from reference 2 for

the molecular nitrogen and reference 3 for atomic and ionized atomic nitrogen. The only ionization assumed in the calculation was single ionization of atomic nitrogen. For this reason, the calculations are expected to be less accurate at the higher temperatures. The temperature at which the inaccuracy begins depends on the initial pressure. For example, for an initial pressure of 10^{-5} atmosphere, single ionization behind the primary shock wave is complete (and double ionization becomes significant) when the primary shock temperature reaches $21\,000^{\circ}\text{K}$ (corresponding to $M_s > 28$). (Symbols are defined in appendix A.) For higher initial pressure, higher temperatures and correspondingly higher Mach numbers are obtainable before single ionization is complete. Both the dissociation and ionization equilibrium constants required in the nitrogen calculations were taken from reference 3.

References 4 and 5 also calculate the hydrodynamic variables behind normal shock waves in nitrogen and argon. The results presented herein differ from those of reference 4 in the following respects:

(1) The thermodynamic properties used in reference 4 assume that the nitrogen dissociation and ionization reactions are independent, while this report assumed that dissociation and ionization occur simultaneously. Reference 4, however, does take into account the double ionization of atomic nitrogen atom, N^{++} , and therefore should be more applicable at the higher temperatures than the results presented herein. On the other hand, at the high pressures where there is a large overlap of the dissociation and single ionization reactions, the results presented herein should be more applicable.

(2) The results for the hydrodynamic variables are nondimensionalized in reference 4 with their ideal-gas values, but in this report they are nondimensionalized with their values ahead of the primary shock wave. The latter presentation is somewhat more convenient, in that no ideal-gas calculations need be made.

(3) The results in this report are presented in both tabular and graphical form. Because of the aforementioned differences (especially the first), the nitrogen data presented herein should be useful despite prior publication of reference 4.

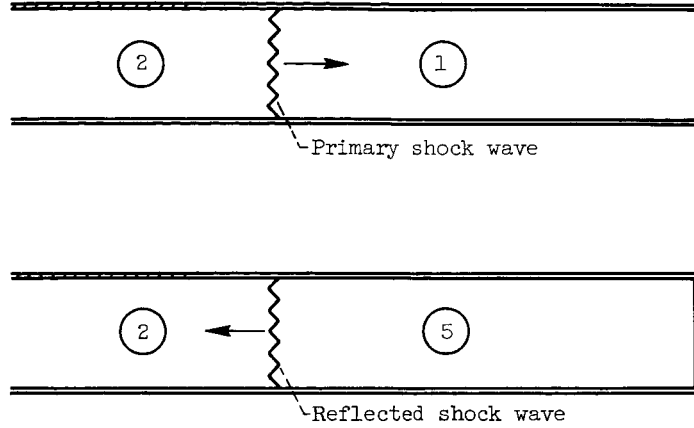
Reference 5 presents the hydrodynamic variables behind normal shock waves in argon for temperatures up to $20\,000^{\circ}\text{K}$ at initial pressures of 0.1, 1, and 10 millimeters of mercury and an initial temperature of 300°K . These calculations were limited to single ionization. This report may be considered an extension of the previous results for temperatures up to $100\,000^{\circ}\text{K}$ for a wider range of initial pressures (10^{-6} to 1 atm), and for multiple ionization.

Theory

The equations used for calculating conditions behind the shock wave in nonideal gases are derived in a manner similar to that of references 6 and 7.

In the following derivations the subscript 1 refers to the initial condition ahead of the primary shock wave, the subscript 2 refers to conditions behind the primary shock wave, and the subscript 5 refers to conditions behind

the primary shock wave after reflection from a closed end wall in a shock tube. This notation is depicted in the following sketch:



A shock front moving with velocity U_s into a quiescent gas will impart a velocity U_2 to the gas and will produce a density, pressure, and temperature ρ_2 , p_2 , and T_2 determined by the following conservation relations and the equations of state:

Conservation of mass:

$$\rho_2(U_s - U_2) = \rho_1 U_s \quad (1)$$

Conservation of momentum:

$$p_2 - p_1 = \rho_1 U_s^2 - \rho_2(U_s - U_2)^2 \quad (2)$$

Conservation of energy:

$$\frac{1}{2} (U_s - U_2)^2 + h_2 = \frac{1}{2} U_s^2 + h_1 \quad (3)$$

Equation of state:

$$p = \rho ZRT \quad (4)$$

From equation (4), since $Z_1 = 1$,

$$p_2 - p_1 = \rho_2 Z_2 RT_2 - \rho_1 Z_1 RT_1 \quad (5)$$

$$p_2 - p_1 = \rho_1 \left(\frac{\rho_2}{\rho_1} Z_2 RT_2 - RT_1 \right) \quad (6)$$

From equation (1), however,

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{U_s}{U_s - U_2} \quad (7)$$

Substituting equation (7) in equation (6) gives

$$p_2 - p_1 = \rho_1 \left(\frac{U_s Z_2 RT_2}{U_s - U_2} - RT_1 \right) \quad (8)$$

From equations (7) and (2)

$$p_2 - p_1 = \rho_1 U_s^2 \left[1 - \frac{\rho_2}{\rho_1} \left(\frac{U_s - U_2}{U_s} \right)^2 \right] \quad (9)$$

$$p_2 - p_1 = \rho_1 U_s^2 \left(1 - \frac{U_s - U_2}{U_s} \right) \quad (10)$$

$$p_2 - p_1 = \rho_1 U_s U_2 \quad (11)$$

Equating equations (8) and (11) results in

$$U_s U_2 = \frac{U_s Z_2 RT_2}{U_s - U_2} - RT_1 \quad (12)$$

From equation (3)

$$U_s = \frac{h_2 - h_1 + \frac{1}{2} U_2^2}{U_2} \quad (13)$$

Substituting equation (13) into equation (12) yields, after algebraic manipulation,

$$U_2^4 + 2U_2^2 (Z_2 RT_2 + RT_1) - 4(h_2 - h_1)^2 + 4(h_2 - h_1)(Z_2 RT_2 - RT_1) = 0 \quad (14)$$

Therefore,

$$U_2^2 = - (Z_2 RT_2 + RT_1) + \sqrt{(Z_2 RT_2 + RT_1)^2 + 4(h_2 - h_1)^2 - 4(h_2 - h_1)(Z_2 RT_2 - RT_1)} \quad (15)$$

Substituting $Z_1 RT_1 = \frac{a_1^2}{r_1}$ and $\frac{h_1}{RT_1} = \frac{C_p}{R} = \frac{r_1}{r_1 - 1}$ results in

$$\begin{aligned} \frac{U_2^2}{a_1^2} = & - \left(\frac{Z_2 RT_2}{r_1 Z_1 RT_1} + \frac{1}{r_1} \right) \\ & + \sqrt{\left(\frac{Z_2 RT_2}{Z_1 RT_1 r_1} + \frac{1}{r_1} \right)^2 + \frac{4}{(r_1 - 1)^2} \left(\frac{h_2}{h_1} - 1 \right)^2 - \frac{4}{r_1 - 1} \left(\frac{h_2}{h_1} - 1 \right) \left(\frac{Z_2 T_2}{r_1 T_1} - \frac{1}{r_1} \right)} \end{aligned} \quad (16)$$

Dividing equation (13) by a_1 gives the shock Mach number

$$\begin{aligned}
 M_s = \frac{U_s}{a_1} &= \frac{h_1}{a_1^2} \frac{\frac{h_2}{h_1} - 1}{\frac{U_2}{a_1}} + \frac{1}{2} \frac{U_2}{a_1} \\
 &= \frac{1}{\gamma_1 - 1} \frac{\frac{h_2}{h_1} - 1}{\frac{U_2}{a_1}} + \frac{1}{2} \frac{U_2}{a_1}
 \end{aligned} \tag{17}$$

From equation (11) and $a_1^2 = \gamma_1 p_1 / \rho_1$

$$\begin{aligned}
 \frac{p_2}{p_1} &= 1 + \frac{\rho_1}{p_1} U_s U_2 \\
 &= 1 + \gamma_1 \frac{U_s U_2}{a_1^2}
 \end{aligned} \tag{18}$$

The density ratio is found from equation (4)

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{p_2}{p_1} \frac{T_1}{Z_2 T_2} \tag{19}$$

Equation (16) gives U_2^2 as a function of Z_2 , T_2 , h_2 , and the initial conditions. If the shock velocity is low such that the gas can be considered an ideal gas ($Z_2 = 1$), then the enthalpy h_2 is a linear function of temperature. Therefore, T_2 and consequently h_2 can be specified and U_2 , M_2 , p_2 , and ρ_2 calculated using equations (16) to (19), respectively. However, if the shock velocity is high enough such that the internal degrees of freedom of the gas particles are excited and dissociation or ionization occur, then the gas enthalpy h_2 is no longer a linear function of temperature, and equations (16) to (19) have to be solved using real-gas thermodynamic properties.

Reflected Shock Wave

The aforementioned equations for conditions behind the primary shock wave can be easily rewritten in terms of conditions behind the reflected shock wave. For the reflected shock wave, the equation analogous to equation (16) is

$$\left(\frac{U_5 - U_2}{a_1}\right)^2 = \frac{Z_2 T_2}{\gamma_1 T_1} \left[-\left(1 + \frac{Z_5 T_5}{Z_2 T_2}\right) + \sqrt{\left(1 + \frac{Z_5 T_5}{Z_2 T_2}\right)^2 + \frac{4(h_5 - h_2)^2}{(Z_2 R T_2)^2} - \frac{4(h_5 - h_2)(Z_5 T_5 - 1)}{Z_2 R T_2}} \right] \quad (20)$$

The pressure ratio is given by

$$\frac{p_5}{p_2} = \frac{h_5 - h_2 + \frac{1}{2} U_2^2}{Z_2 R T_2} + 1 \quad (21)$$

The density ratio is given by

$$\frac{\rho_5}{\rho_2} = \frac{p_5 Z_2 T_2}{p_2 Z_5 T_5} \quad (22)$$

and the reflected shock velocity is

$$U_R = \frac{h_5 - h_2}{U_2} - \frac{1}{2} U_2 \quad (23)$$

Procedure

The primary and reflected shock hydrodynamic variables were calculated for an initial temperature T_1 of 300° K and initial pressure p_1 ranging from 10^{-6} to 1 atmosphere. The procedure was to pick the temperature T_2 behind the primary shock wave and calculate all other unknown variables for each given initial pressure. For the primary shock wave the iteration procedure was as follows. A value for the pressure p_2 behind the primary shock was first assumed. With T_2 and p_2 specified, the thermodynamic variables Z_2 and h_2 were taken from the thermodynamic charts in reference 1 for argon and calculated by the procedure outlined in appendix B for nitrogen. Then U_2/a_1 , M_s , p_2/p_1 , and ρ_2/ρ_1 were calculated using equations (16) to (19), respectively. If the value of the assumed p_2 did not agree to within 0.1 percent with the calculated value for p_2 , another value was assumed and the process repeated until they did agree.

The temperature T_2 was chosen in increments of 1000° K beginning at 2000° K. The upper limit on the temperature was $100\,000^\circ$ K for argon and $40\,000^\circ$ K for nitrogen. The pressure p_2 was limited to 10^4 atmospheres for argon.

After the conditions behind the primary shock wave were found, the conditions behind the reflected shock wave were calculated. The procedure was to assume a value for the enthalpy behind the reflected shock h_5 and calculate the reflected shock pressure p_5 using equation (21). Next the thermodynamic variables Z_5 and T_5 corresponding to p_5 and the assumed enthalpy h_5 were

found. For argon, Z_5 and T_5 were taken from the thermodynamic charts of reference 1. For nitrogen, Z_5 and T_5 were found by iterating using p_5 , the assumed enthalpy, and the equations in appendix B. Once Z_5 and T_5 were found, equation (20) was used to compute $[(U_5 - U_2)/a_1]^2$. The correct reflected shock conditions correspond to $U_5 = 0$. Therefore, if the ratio $(U_5 - U_2)/a_1$ was not within 0.1 percent of U_2/a_1 , another value of h_5 was assumed and the process repeated. The upper limits on the temperature and pressure for the reflected shock wave were the same as for the primary shock, namely, $100\,000^\circ\text{K}$ for argon and $40\,000^\circ\text{K}$ for nitrogen with pressure p_5 limits of 10^4 atmospheres for argon. The argon calculations were performed using a desk calculator, while the calculations for nitrogen were done on an IBM 7094 computer. The constants required for the calculations are given in table I.

RESULTS AND DISCUSSION

The hydrodynamic variables behind the primary and reflected shock wave are presented as a function of the primary shock Mach number in figures 1 to 12 for both argon and nitrogen and also in table II for nitrogen. In the figures, the curves were drawn through all calculated data points. Some of the minor wiggles in the curves for argon may be due to inaccuracies in the thermodynamic properties used for argon, which were read as accurately as possible from the graphs presented in reference 1. A few percent error could result from this reading.

In figures 2(b), 3(b), and 5(b), only one curve is drawn for the pressure, enthalpy, and velocity ratio, respectively, behind the primary shock wave in argon because there was no significant effect of initial pressure for these ratios.

The accuracy of the aforementioned results depends primarily on the accuracy of the data on the thermodynamic properties. In the calculation of the thermodynamic properties (both in ref. 1 for argon and in this report for nitrogen), inaccuracies arise from the neglect of the interparticle force and the method by which the sum over the energy states in the partition function is terminated. (The assumption that the gas is a mixture of perfect gases implies that the interparticle force is negligible.) Reference 1 discusses these two assumptions for argon and concludes that, except for extremely high densities, the percent error introduced should be small. Similarly, it is expected that the percent error introduced from these two assumptions would be small for the nitrogen thermodynamic properties.

In addition to the previous assumptions, the thermodynamic properties of nitrogen were calculated by neglecting ionization of N_2 and N^+ . Since the inclusion of these reactions may be thought of as energy sinks, the calculated shock temperatures are probably too high at the highest shock Mach numbers. It is estimated, however, that the inclusion of these reactions would affect the results presented by less than 10 percent (generally by much less than this) for the primary shock Mach numbers less than 26.

Lewis Research Center,
National Aeronautics and Space Administration,
Cleveland, Ohio, April 5, 1965.

APPENDIX A

SYMBOLS

a	velocity of sound, ft/sec
C_p	specific heat at constant pressure, cal/(mole)(°K)
D_{N_2}	dissociation energy of molecular nitrogen, cal/mole
H_i	ideal-gas enthalpy of i^{th} constituent, cal/mole
h	enthalpy of gas, cal/mole
I_N	ionization energy of atomic nitrogen, cal/mole
K_D	dissociation equilibrium constant, cal/mole
K_i	ionization equilibrium constant, cal/mole
M	molecular weight of gas, g/mole
M_i	molecular weight of i^{th} constituent, g/mole
M_s	shock Mach number
N_i	number of moles of i^{th} constituent
N_0	number of moles originally present
N_T	total number of moles present
p	pressure, atm
R	universal gas constant, (cu cm)(atm)/(mole)(°K)
T	temperature, °K
U	velocity, ft/sec
U_R	reflected shock velocity, ft/sec
X_i	mole fraction of i^{th} constituent
Z	compressibility factor
α	degree of dissociation
β	degree of ionization
γ	isentropic exponent

ρ density of gas, g/cu cm

Subscripts:

e refers to equilibrium conditions

e^- refers to electron

N refers to neutral atomic nitrogen

N^+ refers to atomic nitrogen ion

N_2 refers to molecular nitrogen

s refers to primary shock wave

1 conditions ahead of primary shock wave

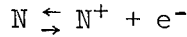
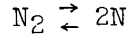
2 conditions behind primary shock wave

5 conditions behind reflected shock wave

APPENDIX B

EQUATIONS FOR OBTAINING COMPRESSIBILITY FACTOR Z AND ENTHALPY H OF NITROGEN GAS

It is assumed that the gas is a mixture of ideal gases and that ionization occurs only to atomic nitrogen species. Therefore, the only chemical reactions occurring are



At equilibrium, the following relations hold where $p_e = p_{N^+}$

$$\frac{p_N^2}{p_{N_2}} = K_D \quad (B1)$$

$$\frac{p_e - p_{N^+}}{p_N} = \frac{p_{N^+}}{p_N} = K_i \quad (B2)$$

$$p = p_{N_2} + p_N + p_{N^+} + p_{e^-} \quad (B3)$$

$$= p_{N_2} + p_N + 2p_{N^+}$$

where K_D and K_i are the dissociation and ionization equilibrium constants, p the total pressure of the gas, p_{N_2} , p_N , p_{N^+} , and p_{e^-} are the partial pressures of N_2 , N , N^+ , and the electrons, respectively. Solving equation (B1) for p_{N_2} and equation (B2) for p_{N^+} and then substituting in equation (B3) results in, after simplification, the following fourth-order polynomial in p_N :

$$p_N^4 + 2K_D p_N^3 + p_N^2 K_D^2 \left(1 - \frac{2p}{K_D}\right) - p_N K_D^2 (2p + 4K_i) + p^2 K_D^2 = 0 \quad (B4)$$

For a given temperature and pressure, equations (B4), (B2), and (B1) may be solved for p_N , p_{N^+} , and p_{N_2} . Then the mole fraction can be calculated from

$$X_N = \frac{p_N}{p}, \quad X_{N_2} = \frac{p_{N_2}}{p}, \quad X_{N^+} = X_{e^-} = \frac{p_{N^+}}{p} \quad (B5)$$

The molecular weight is (neglecting the electron mass)

$$M = X_N M_N + X_{N^+} M_N + X_{N_2} M_{N_2} \quad (B6)$$

The compressibility factor is

$$Z = \frac{M_{N_2}}{M} \quad (B7)$$

and the equation for the enthalpy is

$$h = X_N \left(H_N + \frac{1}{2} D_{N_2} \right) + X_{N_2} H_{N_2} + X_{N^+} \left(H_{N^+} + \frac{1}{2} D_{N_2} + I_N \right) + X_{e^-} H_{e^-} \quad (B8)$$

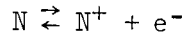
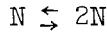
Substituting $X_{e^-} = X_{N^+}$ and $H_{e^-} = \frac{5}{2} RT$

$$h = X_{N_2} H_{N_2} + X_N \left(H_N + \frac{1}{2} D_{N_2} \right) + X_{N^+} \left(H_{N^+} + \frac{1}{2} D_{N_2} + I_N + \frac{5}{2} RT \right) \quad (B9)$$

where D_{N_2} is the dissociation energy of N_2 and I_N is the ionization energy of N . The ideal-gas enthalpy for molecular nitrogen H_{N_2} was taken from reference 2, and the ideal-gas enthalpies H_N and H_{N^+} along with the dissociation and ionization equilibria K_D and K_i were taken from reference 3.

In the temperature regions where either one of the chemical reactions can be considered negligible, that is, at the temperature where $\beta \sim 0$ and the higher temperature where $\alpha \sim 1$, the equations for the compressibility factor and the mole fractions may be found as follows:

Consider the two chemical reactions occurring in the gas



If originally there were N_0 moles of nitrogen molecules, the degree of dissociation α is

$$\alpha = \frac{N_0 - N_{N_2}}{N_0} \quad (B10)$$

where N_{N_2} is the number of moles of molecular nitrogen present. Therefore,

$$N_{N_2} = N_0(1 - \alpha)$$

and the number of moles of atomic nitrogen present is

$$N_N = 2\alpha N_0$$

Now if originally there were N_{ON} moles of atomic nitrogen present, the degree of ionization would be

$$\beta = \frac{N_{ON} - N_N}{N_{ON}}$$

Therefore, the number of moles of atomic nitrogen N_N is

$$N_N = N_{O_N}(1 - \beta)$$

Since the only source of nitrogen atoms is from the dissociation of molecular nitrogen.

$$N_{O_N} = 2\alpha N_O$$

Therefore,

$$N_N = 2\alpha N_O(1 - \beta)$$

$$N_{N^+} = N_{e^-} = 2\alpha N_O \beta$$

where N_{N^+} is the number of atomic nitrogen ions and N_{e^-} is the number of electrons present in the gas.

The total number of moles present is

$$\begin{aligned} N_T &= N_{N_2} + N_N + N_{N^+} + N_{e^-} \\ &= N_O(1 + \alpha + 2\alpha\beta) \end{aligned}$$

Therefore, the compressibility factor is

$$z = 1 + \alpha + 2\alpha\beta$$

and the mole fractions are

$$X_{N_2} = \frac{N_{N_2}}{N_T} = \frac{1 - \alpha}{Z}$$

$$X_N = \frac{N_N}{N_T} = \frac{2(1 - \beta)}{Z}$$

$$X_{N^+} = X_{e^-} = \frac{N_{N^+}}{N_T} = \frac{2\alpha\beta}{Z}$$

With the mole fraction, the enthalpy may be calculated using equation (B9).

In the previous equations, α and β may be found from the law of mass action by considering each reaction separately. Then

$$\begin{aligned} \alpha &= \sqrt{\frac{K_D}{4p + K_D}} \\ \beta &= \sqrt{\frac{K_i}{p + K_i}} \end{aligned}$$

which are functions of temperature and pressure only.

REFERENCES

1. Sewell, K. G.: Thermodynamic Properties of High Temperature Argon. Rept. No. RE-IR-26, Ling-Temco-Vought, Inc., Oct. 1961.
2. Beckett, Charles W.; and Haar, Lester: Thermodynamic Properties at High Temperatures: Ideal Gas Thermal Functions to 25,000° K for Diatomic Molecules, Oxygen, Nitrogen, Nitric Oxide, and Their Molecule Ions. Proc. Joint Conf. on Thermodynamic and Transport Properties of Fluids, Inst. Mech. Engrs. (London), July 10-12, 1957, p. 27.
3. Martinek, F.: Thermodynamic and Electrical Properties of Nitrogen at High Temperatures. Thermodynamic and Transport Properties of Gases, Liquids and Solids. McGraw-Hill Book Co., Inc., 1959.
4. Ahtye, Warren F.; and Peng, Tzy-Cheng: Approximations for the Thermodynamic and Transport Properties of High Temperature Nitrogen with Shock-Tube Applications. NASA TN D-1303, 1962.
5. Huseby, O. A.: Aerothermodynamic Properties of High Temperatures Argon. Rept. No. D2-11238, The Boeing Co., 1962.
6. Resler, Edwin L.: High Temperature Gases Produced by Strong Shock Waves. Ph. D. Thesis, Cornell Univ., 1951.
7. Turner, Eugene B.: Equilibrium Hydrodynamic Variables Behind a Reflected Shock Wave in Hydrogen. Rept. No. TR-59-0000-00744, Space Techn. Labs., Inc., June 30, 1959.
8. Moore, C. E.: Atomic Energy Levels. Cir. 467, Vol. I, NBS, June 15, 1949.

TABLE I. - VALUES OF CONSTANTS USED IN CALCULATIONS

Constant	Gas	
	Nitrogen	Argon
Dissociation energy, cal/mole	225 250	-----
Enthalpy of gas ahead of primary shock wave, h_1 , cal/mole	2084	1490
Ionization energy of atomic nitrogen, I_N , cal/mole	335 430	-----
Molecular weight, g/mole	28.016	39.944
Temperature ahead of primary shock wave, T_1 , °K	300	300
Isentropic exponent ahead of primary shock wave, γ_1	1.4	1.667

TABLE II. - HYDRODYNAMIC

(a) Initial pressure,

Temperature, T_2 °K	Compress- ibility factor, Z_2	Mole fraction		Pressure ratio, p_2/p_1	Density ratio, ρ_2/ρ_1	Enthalpy ratio, h_2/h_1	Particle speed to initial sound speed, U_2/a_1	Mach number, M_s
		X_N	X_{N^+}					
3000	1.000E 00	5.154E-04	4.458E-06	6.596E 01	6.595E 00	1.169E 01	6.274E 00	7.395F 00
3500	1.004E 00	7.445E-03	2.901E-05	8.123E 01	6.938E 00	1.411E 01	7.004E 00	8.183F 00
4000	1.025E 00	4.816E-02	1.218E-04	1.076E 02	7.877E 00	1.817E 01	8.155E 00	9.341E 00
4500	1.108E 00	1.942E-01	3.722E-04	1.675E 02	1.008E 01	2.715E 01	1.035E 01	1.149E 01
5000	1.315E 00	4.770E-01	8.757E-04	2.681E 02	1.223E 01	4.228E 01	1.324E 01	1.441F 01
5500	1.637E 00	7.731E-01	1.808E-03	3.679E 02	1.226E 01	5.769E 01	1.551E 01	1.689F 01
6000	1.881E 00	9.262E-01	3.510E-03	4.217E 02	1.121E 01	6.646E 01	1.654E 01	1.816F 01
6500	1.980E 00	9.699E-01	6.643E-03	4.448E 02	1.037E 01	7.051E 01	1.692F 01	1.873F 01
7000	2.016E 00	9.706E-01	1.242E-02	4.593E 02	9.766E 00	7.318E 01	1.714E 01	1.910F 01
7500	2.044E 00	9.526E-01	2.298E-02	4.749E 02	9.293E 00	7.599E 01	1.738E 01	1.948F 01
8000	2.070E 00	9.306E-01	3.445E-02	4.906E 02	8.887E 00	7.881E 01	1.762E 01	1.985F 01
8500	2.133E 00	8.748E-01	6.252E-02	5.171E 02	8.557E 00	8.335E 01	1.804E 01	2.043F 01
9000	2.234E 00	7.902E-01	1.049E-01	5.524E 02	8.241E 00	8.932E 01	1.860E 01	2.117F 01
9500	2.386E 00	6.760E-01	1.620E-01	5.958E 02	7.883E 00	9.674E 01	1.926E 01	2.206F 01
10000	2.558E 00	5.395E-01	2.302E-01	6.437E 02	7.433E 00	1.052E 02	1.993E 01	2.303E 01
10500	2.863E 00	3.970E-01	3.015E-01	6.902E 02	6.887E 00	1.138E 02	2.051E 01	2.400E 01
11000	3.153E 00	2.687E-01	3.657E-01	7.291E 02	6.307E 00	1.215E 02	2.092E 01	2.486F 01
11500	3.420E 00	1.697E-01	4.151E-01	7.571E 02	5.776E 00	1.277E 02	2.113E 01	2.556E 01
12000	3.626E 00	1.031E-01	4.485E-01	7.751E 02	5.344E 00	1.323E 02	2.120E 01	2.608E 01
12500	3.772E 00	6.038E-02	4.698E-01	7.865E 02	5.004E 00	1.356E 02	2.119E 01	2.648E 01
13000	3.863E 00	3.546E-02	4.823E-01	7.937E 02	4.742E 00	1.381E 02	2.114E 01	2.679E 01
13500	3.917E 00	2.119E-02	4.894E-01	7.986E 02	4.531E 00	1.401E 02	2.107E 01	2.704E 01
14000	3.949E 00	1.295E-02	4.935E-01	8.024E 02	4.354E 00	1.418E 02	2.100E 01	2.726F 01
14500	3.968E 00	8.100E-03	4.959E-01	8.055E 02	4.200E 00	1.433E 02	2.092E 01	2.746F 01
15000	3.979E 00	5.170E-03	4.974E-01	8.082E 02	4.062E 00	1.447E 02	2.085E 01	2.766F 01
15500	3.987E 00	3.354E-03	4.983E-01	8.108E 02	3.937E 00	1.461E 02	2.077E 01	2.785F 01
16000	3.991E 00	2.200E-03	4.989E-01	8.133E 02	3.821E 00	1.474E 02	2.070E 01	2.803F 01
16500	3.994E 00	1.506E-03	4.992E-01	8.157E 02	3.713E 00	1.487E 02	2.062F 01	2.822E 01
17000	3.996E 00	1.050E-03	4.995E-01	8.181E 02	3.613E 00	1.500E 02	2.055E 01	2.841E 01
17500	3.997E 00	7.447E-04	4.996E-01	8.205E 02	3.519E 00	1.513E 02	2.047E 01	2.860E 01
18000	3.998E 00	5.373E-04	4.997E-01	8.228E 02	3.430E 00	1.526E 02	2.039E 01	2.878E 01
18500	3.998E 00	3.940E-04	4.998E-01	8.251E 02	3.346E 00	1.539E 02	2.032E 01	2.897E 01
19000	3.999E 00	2.934E-04	4.999E-01	8.275E 02	3.267E 00	1.552E 02	2.024E 01	2.917E 01
19500	3.999E 00	2.217E-04	4.999E-01	8.298E 02	3.192E 00	1.565E 02	2.016E 01	2.936F 01
20000	3.999E 00	1.698E-04	4.999E-01	8.321E 02	3.121E 00	1.578E 02	2.009E 01	2.956F 01
20500	3.999E 00	1.318E-04	4.999E-01	8.344E 02	3.053E 00	1.591E 02	2.001E 01	2.975F 01
21000	4.000E 00	1.035E-04	4.999E-01	8.367E 02	2.989E 00	1.603E 02	1.993E 01	2.995E 01
21500	4.000E 00	8.214E-05	5.000E-01	8.390E 02	2.927E 00	1.616E 02	1.985E 01	3.015E 01
22000	4.000E 00	6.589E-05	5.000E-01	8.413E 02	2.868E 00	1.629E 02	1.977E 01	3.036E 01
22500	4.000E 00	5.336E-05	5.000E-01	8.436E 02	2.812E 00	1.642E 02	1.969E 01	3.056F 01
23000	4.000E 00	4.358E-05	5.000E-01	8.459E 02	2.758E 00	1.654E 02	1.961E 01	3.077F 01
23500	4.000E 00	3.587E-05	5.000E-01	8.481E 02	2.707E 00	1.667E 02	1.953E 01	3.098F 01
24000	4.000E 00	2.974E-05	5.000E-01	8.504E 02	2.658E 00	1.680E 02	1.945E 01	3.119E 01
24500	4.000E 00	2.473E-05	5.000E-01	8.526E 02	2.610E 00	1.693E 02	1.937E 01	3.140E 01
25000	4.000E 00	2.069E-05	5.000E-01	8.549E 02	2.565E 00	1.705E 02	1.929E 01	3.162F 01
25500	4.000E 00	1.740E-05	5.000E-01	8.571E 02	2.521E 00	1.718E 02	1.921E 01	3.184E 01
26000	4.000E 00	1.473E-05	5.000E-01	8.594E 02	2.479E 00	1.731E 02	1.913E 01	3.206E 01
26500	4.000E 00	1.253E-05	5.000E-01	8.616E 02	2.439E 00	1.744E 02	1.904E 01	3.228E 01
27000	4.000E 00	1.073E-05	5.000E-01	8.639E 02	2.400E 00	1.756E 02	1.896E 01	3.251F 01
27500	4.000E 00	9.231E-06	5.000E-01	8.661E 02	2.362E 00	1.769E 02	1.888E 01	3.274E 01
28000	4.000E 00	7.991E-06	5.000E-01	8.683E 02	2.326E 00	1.782E 02	1.879F 01	3.297E 01
28500	4.000E 00	6.955E-06	5.000E-01	8.706E 02	2.291E 00	1.794E 02	1.871E 01	3.320F 01
29000	4.000E 00	6.083E-06	5.000E-01	8.728E 02	2.257E 00	1.807E 02	1.862E 01	3.344E 01
29500	4.000E 00	5.350E-06	5.000E-01	8.750E 02	2.225E 00	1.820E 02	1.854E 01	3.368E 01
30000	4.000E 00	4.727E-06	5.000E-01	8.772E 02	2.193E 00	1.833E 02	1.845E 01	3.392E 01
30500	4.000E 00	4.195E-06	5.000E-01	8.794E 02	2.163E 00	1.845E 02	1.837E 01	3.416E 01
31000	4.000E 00	3.740E-06	5.000E-01	8.817E 02	2.133E 00	1.858E 02	1.828E 01	3.441E 01
31500	4.000E 00	3.349E-06	5.000E-01	8.839E 02	2.104E 00	1.871E 02	1.819E 01	3.466E 01
32000	4.000E 00	3.010E-06	5.000E-01	8.861E 02	2.077E 00	1.883E 02	1.810E 01	3.492E 01
32500	4.000E 00	2.716E-06	5.000E-01	8.883E 02	2.050E 00	1.896E 02	1.802E 01	3.518E 01
33000	4.000E 00	2.455E-06	5.000E-01	8.905E 02	2.024E 00	1.909E 02	1.793E 01	3.544E 01
33500	4.000E 00	2.228E-06	5.000E-01	8.927E 02	1.999E 00	1.921E 02	1.784E 01	3.570E 01
34000	4.000E 00	2.027E-06	5.000E-01	8.949E 02	1.974E 00	1.934E 02	1.775E 01	3.597E 01
34500	4.000E 00	1.844E-06	5.000E-01	8.971E 02	1.950E 00	1.946E 02	1.766E 01	3.624E 01
35000	4.000E 00	1.684E-06	5.000E-01	8.992E 02	1.927E 00	1.959E 02	1.757E 01	3.652E 01
35500	4.000E 00	1.539E-06	5.000E-01	9.014E 02	1.904E 00	1.972E 02	1.748E 01	3.680E 01
36000	4.000E 00	1.404E-06	5.000E-01	9.036E 02	1.883E 00	1.984E 02	1.739E 01	3.708E 01
36500	4.000E 00	1.285E-06	5.000E-01	9.058E 02	1.861E 00	1.997E 02	1.729E 01	3.737F 01
37000	4.000E 00	1.173E-06	5.000E-01	9.080E 02	1.840E 00	2.010E 02	1.720E 01	3.766F 01
37500	4.000E 00	1.069E-06	5.000E-01	9.101E 02	1.820E 00	2.022E 02	1.711E 01	3.796F 01
38000	4.000E 00	9.723E-07	5.000E-01	9.123E 02	1.801E 00	2.035E 02	1.701E 01	3.826E 01
38500	4.000E 00	8.829E-07	5.000E-01	9.145E 02	1.781E 00	2.047E 02	1.692E 01	3.857E 01
39000	4.000E 00	8.009E-07	5.000E-01	9.166E 02	1.763E 00	2.060E 02	1.682E 01	3.888F 01
39500	4.000E 00	7.227E-07	5.000E-01	9.188E 02	1.744E 00	2.073E 02	1.673E 01	3.919E 01
40000	4.000E 00	6.482E-07	5.000E-01	9.207E 02	1.726E 00	2.085E 02	1.662E 01	3.951E 01

SHOCK VARIABLES FOR NITROGEN GAS

0.00001 atmosphere

Ratio of reflected to initial shock pressure, p_5/p_1	Reflected shock temperature ratio, T_5/T_1	Reflected shock density ratio, ρ_5/ρ_1	Reflected shock enthalpy ratio, h_5/h_1	Reflected shock speed to initial sound speed, U_R/a_1	Compressibility factor, Z_5	Mole fraction		Temperature, T_2 , °K
						X_N	X_{N^+}	
3.015E 02	1.243E 01	2.413E 01	1.520E 01	1.605E 00	1.005E 00	1.039E-02	2.429E-06	2000
4.095E 02	1.395E 01	2.864E 01	1.893E 01	1.594E 00	1.025E 00	4.842E-02	1.748E-05	2500
5.181E 02	1.480E 01	3.329E 01	2.230E 01	1.550E 00	1.051E 00	9.756E-02	4.347E-05	3000
6.589E 02	1.552E 01	3.912E 01	2.598E 01	1.510E 00	1.086E 00	1.574E-01	8.176E-05	3500
9.712E 02	1.648E 01	5.123E 01	3.192E 01	1.482E 00	1.150E 00	2.605E-01	1.617E-04	4000
1.893E 03	1.817E 01	7.920E 01	4.385E 01	1.509E 00	1.315E 00	4.781E-01	4.099E-04	4500
3.643E 03	2.070E 01	1.066E 02	6.035E 01	1.715E 00	1.650E 00	7.841E-01	1.276E-03	5000
5.128E 03	2.758E 01	9.182E 01	7.767E 01	2.395E 00	2.025E 00	9.649E-01	1.573E-02	5500
5.466E 03	3.299E 01	7.554E 01	9.063E 01	2.891E 00	2.193E 00	8.235E-01	8.811E-02	6000
5.342E 03	3.423E 01	6.847E 01	9.535E 01	3.027E 00	2.279E 00	7.546E-01	1.226E-01	6500
5.201E 03	3.482E 01	6.417E 01	9.771E 01	3.087E 00	2.328E 00	7.181E-01	1.409E-01	7000
5.111E 03	3.532E 01	6.089E 01	9.995E 01	3.138E 00	2.377E 00	6.828E-01	1.585E-01	7500
5.051E 03	3.582E 01	5.812E 01	1.021E 02	3.189E 00	2.426E 00	6.485E-01	1.757E-01	8000
5.125E 03	3.671E 01	5.544E 01	1.059E 02	3.299E 00	2.519E 00	5.881E-01	2.059E-01	8500
5.281E 03	3.789E 01	5.250E 01	1.110E 02	3.467E 00	2.655E 00	5.067E-01	2.466E-01	9000
5.476E 03	3.943E 01	4.879E 01	1.172E 02	3.719E 00	2.847E 00	4.051E-01	2.974E-01	9500
5.617E 03	4.126E 01	4.394E 01	1.243E 02	4.066E 00	3.099E 00	2.907E-01	3.546E-01	10000
5.644E 03	4.344E 01	3.623E 01	1.315E 02	4.522E 00	3.399E 00	1.769E-01	4.115E-01	10500
5.528E 03	4.658E 01	3.203E 01	1.386E 02	5.128E 00	3.705E 00	7.958E-02	4.602E-01	11000
5.402E 03	5.304E 01	2.585E 01	1.466E 02	6.085E 00	3.940E 00	1.533E-02	4.923E-01	11500
5.388E 03	6.878E 01	1.960E 01	1.594E 02	7.944E 00	3.997E 00	7.945E-04	4.996E-01	12000
5.358E 03	8.373E 01	1.600E 01	1.708E 02	9.647E 00	4.000E 00	1.242E-04	4.999E-01	12500
5.278E 03	9.384E 01	1.406E 01	1.786E 02	1.079E 01	4.000E 00	4.643E-05	5.000E-01	13000
5.151E 03	1.007E 02	1.279E 01	1.838E 02	1.155E 01	4.000E 00	2.644E-05	5.000E-01	13500
5.023E 03	1.053E 02	1.193E 01	1.874E 02	1.206E 01	4.000E 00	1.854E-05	5.000E-01	14000
4.914E 03	1.090E 02	1.127E 01	1.901E 02	1.246E 01	4.000E 00	1.436E-05	5.000E-01	14500
4.788E 03	1.119E 02	1.070E 01	1.923E 02	1.277E 01	4.000E 00	1.175E-05	5.000E-01	15000
4.683E 03	1.145E 02	1.023E 01	1.943E 02	1.303E 01	4.000E 00	9.913E-06	5.000E-01	15500
4.565E 03	1.167E 02	9.785E 00	1.960E 02	1.327E 01	4.000E 00	8.505E-06	5.000E-01	16000
4.478E 03	1.188E 02	9.420E 00	1.976E 02	1.348E 01	4.000E 00	7.413E-06	5.000E-01	16500
4.373E 03	1.209E 02	9.044E 00	1.991E 02	1.368E 01	4.000E 00	6.467E-06	5.000E-01	17000
4.276E 03	1.228E 02	8.704E 00	2.006E 02	1.388E 01	4.000E 00	5.674E-06	5.000E-01	17500
4.194E 03	1.247E 02	8.406E 00	2.020E 02	1.407E 01	4.000E 00	4.992E-06	5.000E-01	18000
4.117E 03	1.267E 02	8.126E 00	2.035E 02	1.426E 01	4.000E 00	4.392E-06	5.000E-01	18500
4.035E 03	1.285E 02	7.850E 00	2.049E 02	1.444E 01	4.000E 00	3.856E-06	5.000E-01	19000
3.960E 03	1.302E 02	7.605E 00	2.062E 02	1.460E 01	4.000E 00	3.390E-06	5.000E-01	19500
3.891E 03	1.322E 02	7.361E 00	2.077E 02	1.480E 01	4.000E 00	2.954E-06	5.000E-01	20000
3.825E 03	1.340E 02	7.135E 00	2.090E 02	1.498E 01	4.000E 00	2.578E-06	5.000E-01	20500
3.764E 03	1.359E 02	6.923E 00	2.104E 02	1.517E 01	4.000E 00	2.291E-06	5.000E-01	21000
3.700E 03	1.377E 02	6.719E 00	2.118E 02	1.534E 01	4.000E 00	2.041E-06	5.000E-01	21500
3.643E 03	1.396E 02	6.523E 00	2.132E 02	1.553E 01	4.000E 00	1.814E-06	5.000E-01	22000
3.577E 03	1.413E 02	6.331E 00	2.145E 02	1.569E 01	4.000E 00	1.621E-06	5.000E-01	22500
3.530E 03	1.430E 02	6.172E 00	2.158E 02	1.586E 01	4.000E 00	1.449E-06	5.000E-01	23000
3.480E 03	1.449E 02	6.004E 00	2.172E 02	1.605E 01	4.000E 00	1.296E-06	5.000E-01	23500
3.423E 03	1.465E 02	5.841E 00	2.185E 02	1.620E 01	4.000E 00	1.159E-06	5.000E-01	24000
3.380E 03	1.482E 02	5.701E 00	2.198E 02	1.637E 01	4.000E 00	1.039E-06	5.000E-01	24500
3.337E 03	1.502E 02	5.554E 00	2.211E 02	1.656E 01	4.000E 00	9.276E-07	5.000E-01	25000
3.287E 03	1.517E 02	5.416E 00	2.224E 02	1.671E 01	4.000E 00	8.345E-07	5.000E-01	25500
3.247E 03	1.534E 02	5.291E 00	2.237E 02	1.687E 01	4.000E 00	7.488E-07	5.000E-01	26000
3.208E 03	1.551E 02	5.170E 00	2.250E 02	1.704E 01	4.000E 00	6.743E-07	5.000E-01	26500
3.165E 03	1.568E 02	5.046E 00	2.262E 02	1.720E 01	4.000E 00	6.072E-07	5.000E-01	27000
3.123E 03	1.585E 02	4.926E 00	2.275E 02	1.736E 01	4.000E 00	5.439E-07	5.000E-01	27500
3.089E 03	1.602E 02	4.821E 00	2.288E 02	1.753E 01	4.000E 00	4.917E-07	5.000E-01	28000
3.055E 03	1.621E 02	4.712E 00	2.301E 02	1.772E 01	4.000E 00	4.396E-07	5.000E-01	28500
3.015E 03	1.636E 02	4.608E 00	2.313E 02	1.786E 01	4.000E 00	3.986E-07	5.000E-01	29000
2.984E 03	1.652E 02	4.515E 00	2.326E 02	1.802E 01	4.000E 00	3.576E-07	5.000E-01	29500
2.953E 03	1.669E 02	4.424E 00	2.338E 02	1.818E 01	4.000E 00	3.241E-07	5.000E-01	30000
2.919E 03	1.685E 02	4.330E 00	2.351E 02	1.834E 01	4.000E 00	2.906E-07	5.000E-01	30500
2.884E 03	1.701E 02	4.238E 00	2.363E 02	1.849E 01	4.000E 00	2.645E-07	5.000E-01	31000
2.857E 03	1.718E 02	4.158E 00	2.376E 02	1.866E 01	4.000E 00	2.384E-07	5.000E-01	31500
2.830E 03	1.737E 02	4.074E 00	2.388E 02	1.884E 01	4.000E 00	2.123E-07	5.000E-01	32000
2.797E 03	1.751E 02	3.994E 00	2.400E 02	1.898E 01	4.000E 00	1.937E-07	5.000E-01	32500
2.771E 03	1.767E 02	3.921E 00	2.412E 02	1.913E 01	4.000E 00	1.751E-07	5.000E-01	33000
2.747E 03	1.783E 02	3.851E 00	2.425E 02	1.929E 01	4.000E 00	1.602E-07	5.000E-01	33500
2.718E 03	1.799E 02	3.777E 00	2.437E 02	1.944E 01	4.000E 00	1.453E-07	5.000E-01	34000
2.689E 03	1.814E 02	3.705E 00	2.449E 02	1.959E 01	4.000E 00	1.341E-07	5.000E-01	34500
2.667E 03	1.831E 02	3.642E 00	2.461E 02	1.975E 01	4.000E 00	1.192E-07	5.000E-01	35000
2.644E 03	1.849E 02	3.575E 00	2.473E 02	1.994E 01	4.000E 00	1.080E-07	5.000E-01	35500
2.616E 03	1.862E 02	3.512E 00	2.485E 02	2.007E 01	4.000E 00	9.686E-08	5.000E-01	36000
2.594E 03	1.878E 02	3.454E 00	2.496E 02	2.022E 01	4.000E 00	8.941E-08	5.000E-01	36500
2.574E 03	1.893E 02	3.399E 00	2.508E 02	2.037E 01	4.000E 00	8.196E-08	5.000E-01	37000
2.549E 03	1.909E 02	3.338E 00	2.520E 02	2.052E 01	4.000E 00	7.451E-08	5.000E-01	37500
2.525E 03	1.924E 02	3.280E 00	2.531E 02	2.067E 01	4.000E 00	6.706E-08	5.000E-01	38000
2.506E 03	1.940E 02	3.229E 00	2.543E 02	2.082E 01	4.000E 00	5.960E-08	5.000E-01	38500
2.486E 03	1.958E 02	3.175E 00	2.555E 02	2.102E 01	4.000E 00	5.588E-08	5.000E-01	39000
2.463E 03	1.969E 02	3.128E 00	2.566E 02	2.111E 01	4.000E 00	5.215E-08	5.000E-01	39500
2.442E 03	1.985E 02	3.076E 00	2.577E 02	2.127E 01	4.000E 00	4.470E-08	5.000E-01	40000

TABLE II. - Continued. HYDRODYNAMIC
(b) Initial pressure,

Temperature, T_2 , °K	Compress- ibility factor, Z_2	Mole fraction		Primary shock				
		X_N	X_{N^+}	Pressure ratio, p_2/p_1	Density ratio, ρ_2/ρ_1	Enthalpy ratio, h_2/h_1	Particle speed to initial sound speed, U_2/a_1	Mach number, M_s
2000	1.000E 00	1.368E-08	3.021E-13	4.011E 01	6.017E 00	7.516E 00	4.827E 00	5.789E 00
2500	1.000E 00	3.417E-06	1.248E-10	5.289E 01	6.347E 00	9.587E 00	5.588E 00	6.633E 00
3000	1.000E 00	1.633E-04	1.016E-08	6.581E 01	6.580E 00	1.167E 01	6.266E 00	7.388E 00
3500	1.001E 00	2.386E-03	2.564E-07	7.949E 01	6.805E 00	1.386E 01	6.916E 00	8.107E 00
4000	1.008E 00	1.630E-02	3.011E-06	9.705E 01	7.215E 00	1.662E 01	7.688E 00	8.924E 00
4500	1.039E 00	7.501E-02	2.284E-05	1.289E 02	8.270E 00	2.148E 01	8.961E 00	1.019E 01
5000	1.124E 00	2.205E-01	1.058E-04	1.873E 02	9.998E 00	3.028E 01	1.094E 01	1.216E 01
5500	1.250E 00	4.486E-01	3.413E-04	2.690E 02	1.137E 01	4.265E 01	1.321E 01	1.449E 01
6000	1.529E 00	6.894E-01	8.728E-04	3.510E 02	1.148E 01	5.535E 01	1.511E 01	1.655E 01
6500	1.779E 00	8.701E-01	1.933E-03	4.120E 02	1.069E 01	6.521E 01	1.631E 01	1.800E 01
7000	1.925E 00	9.494E-01	3.867E-03	4.436E 02	9.875E 00	7.063E 01	1.686E 01	1.875E 01
7500	1.985E 00	9.705E-01	7.391E-03	4.610E 02	9.288E 00	7.379E 01	1.712E 01	1.919E 01
8000	2.012E 00	9.718E-01	1.130E-02	4.739E 02	8.835E 00	7.620E 01	1.731E 01	1.952E 01
8500	2.039E 00	9.553E-01	2.121E-02	4.895E 02	8.475E 00	7.902E 01	1.754E 01	1.989E 01
9000	2.075E 00	9.243E-01	3.735E-02	5.087E 02	8.171E 00	8.241E 01	1.784E 01	2.033E 01
9500	2.130E 00	8.762E-01	6.164E-02	5.329E 02	7.899E 00	8.660E 01	1.827E 01	2.086E 01
10000	2.210E 00	8.090E-01	9.537E-02	5.624E 02	7.633E 00	9.171E 01	1.867E 01	2.148E 01
10500	2.321E 00	7.230E-01	1.384E-01	5.964E 02	7.341E 00	9.764E 01	1.917E 01	2.219E 01
11000	2.465E 00	6.223E-01	1.888E-01	6.331E 02	7.004E 00	1.042E 02	1.967E 01	2.295E 01
11500	2.641E 00	5.142E-01	2.429E-01	6.699E 02	6.616E 00	1.110E 02	2.014E 01	2.373E 01
12000	2.841E 00	4.080E-01	2.960E-01	7.039E 02	6.194E 00	1.176E 02	2.052E 01	2.447E 01
12500	3.061E 00	3.067E-01	3.466E-01	7.340E 02	5.755E 00	1.239E 02	2.080E 01	2.517E 01
13000	3.276E 00	2.208E-01	3.896E-01	7.578E 02	5.338E 00	1.294E 02	2.096E 01	2.579E 01
13500	3.467E 00	1.538E-01	4.231E-01	7.754E 02	4.970E 00	1.339E 02	2.102E 01	2.632E 01
14000	3.621E 00	1.046E-01	4.477E-01	7.879E 02	4.662E 00	1.375E 02	2.101E 01	2.675E 01
14500	3.737E 00	7.036E-02	4.648E-01	7.965E 02	4.410E 00	1.404E 02	2.096E 01	2.711E 01
15000	3.820E 00	4.712E-02	4.764E-01	8.028E 02	4.203E 00	1.428E 02	2.089E 01	2.741E 01
15500	3.878E 00	3.154E-02	4.842E-01	8.075E 02	4.030E 00	1.448E 02	2.081E 01	2.768E 01
16000	3.917E 00	2.113E-02	4.894E-01	8.113E 02	3.883E 00	1.466E 02	2.073E 01	2.792E 01
16500	3.942E 00	1.464E-02	4.927E-01	8.145E 02	3.756E 00	1.481E 02	2.065E 01	2.814E 01
17000	3.959E 00	1.029E-02	4.949E-01	8.173E 02	3.643E 00	1.496E 02	2.057E 01	2.835E 01
17500	3.971E 00	7.344E-03	4.963E-01	8.200E 02	3.540E 00	1.510E 02	2.049E 01	2.855E 01
18000	3.979E 00	5.320E-03	4.973E-01	8.225E 02	3.445E 00	1.524E 02	2.041E 01	2.875E 01
18500	3.984E 00	3.912E-03	4.980E-01	8.249E 02	3.357E 00	1.538E 02	2.033E 01	2.895E 01
19000	3.988E 00	2.918E-03	4.985E-01	8.273E 02	3.275E 00	1.551E 02	2.025E 01	2.915E 01
19500	3.991E 00	2.208E-03	4.989E-01	8.297E 02	3.198E 00	1.564E 02	2.017E 01	2.935E 01
20000	3.993E 00	1.693E-03	4.992E-01	8.321E 02	3.125E 00	1.577E 02	2.009E 01	2.954E 01
20500	3.995E 00	1.314E-03	4.993E-01	8.344E 02	3.057E 00	1.590E 02	2.001E 01	2.974E 01
21000	3.996E 00	1.033E-03	4.995E-01	8.367E 02	2.991E 00	1.603E 02	1.993E 01	2.995E 01
21500	3.997E 00	8.202E-04	4.996E-01	8.390E 02	2.929E 00	1.616E 02	1.986E 01	3.015E 01
22000	3.997E 00	6.581E-04	4.997E-01	8.413E 02	2.870E 00	1.629E 02	1.978E 01	3.035E 01
22500	3.998E 00	5.331E-04	4.997E-01	8.436E 02	2.813E 00	1.642E 02	1.970E 01	3.056E 01
23000	3.998E 00	4.354E-04	4.998E-01	8.459E 02	2.759E 00	1.654E 02	1.962E 01	3.076E 01
23500	3.999E 00	3.584E-04	4.998E-01	8.481E 02	2.708E 00	1.667E 02	1.954E 01	3.097E 01
24000	3.999E 00	2.973E-04	4.999E-01	8.504E 02	2.658E 00	1.680E 02	1.945E 01	3.119E 01
24500	3.999E 00	2.472E-04	4.999E-01	8.526E 02	2.611E 00	1.693E 02	1.937E 01	3.140E 01
25000	3.999E 00	2.068E-04	4.999E-01	8.549E 02	2.565E 00	1.705E 02	1.929E 01	3.162E 01
25500	3.999E 00	1.740E-04	4.999E-01	8.571E 02	2.521E 00	1.718E 02	1.921E 01	3.184E 01
26000	3.999E 00	1.472E-04	4.999E-01	8.594E 02	2.479E 00	1.731E 02	1.913E 01	3.206E 01
26500	3.999E 00	1.253E-04	4.999E-01	8.616E 02	2.439E 00	1.744E 02	1.904E 01	3.228E 01
27000	4.000E 00	1.072E-04	4.999E-01	8.639E 02	2.400E 00	1.756E 02	1.896E 01	3.251E 01
27500	4.000E 00	9.231E-05	5.000E-01	8.661E 02	2.362E 00	1.769E 02	1.888E 01	3.273E 01
28000	4.000E 00	7.990E-05	5.000E-01	8.683E 02	2.326E 00	1.782E 02	1.879E 01	3.297E 01
28500	4.000E 00	6.953E-05	5.000E-01	8.706E 02	2.291E 00	1.794E 02	1.871E 01	3.320E 01
29000	4.000E 00	6.082E-05	5.000E-01	8.728E 02	2.257E 00	1.807E 02	1.862E 01	3.344E 01
29500	4.000E 00	5.348E-05	5.000E-01	8.750E 02	2.225E 00	1.820E 02	1.854E 01	3.368E 01
30000	4.000E 00	4.726E-05	5.000E-01	8.772E 02	2.193E 00	1.833E 02	1.845E 01	3.392E 01
30500	4.000E 00	4.195E-05	5.000E-01	8.794E 02	2.163E 00	1.845E 02	1.837E 01	3.416E 01
31000	4.000E 00	3.740E-05	5.000E-01	8.817E 02	2.133E 00	1.858E 02	1.828E 01	3.441E 01
31500	4.000E 00	3.349E-05	5.000E-01	8.839E 02	2.105E 00	1.871E 02	1.819E 01	3.466E 01
32000	4.000E 00	3.009E-05	5.000E-01	8.861E 02	2.077E 00	1.883E 02	1.810E 01	3.492E 01
32500	4.000E 00	2.714E-05	5.000E-01	8.883E 02	2.050E 00	1.896E 02	1.802E 01	3.518E 01
33000	4.000E 00	2.455E-05	5.000E-01	8.905E 02	2.024E 00	1.909E 02	1.793E 01	3.544E 01
33500	4.000E 00	2.227E-05	5.000E-01	8.927E 02	1.999E 00	1.921E 02	1.784E 01	3.570E 01
34000	4.000E 00	2.025E-05	5.000E-01	8.949E 02	1.974E 00	1.934E 02	1.775E 01	3.597E 01
34500	4.000E 00	1.845E-05	5.000E-01	8.971E 02	1.950E 00	1.946E 02	1.766E 01	3.624E 01
35000	4.000E 00	1.683E-05	5.000E-01	8.992E 02	1.927E 00	1.959E 02	1.757E 01	3.652E 01
35500	4.000E 00	1.537E-05	5.000E-01	9.014E 02	1.904E 00	1.972E 02	1.748E 01	3.680E 01
36000	4.000E 00	1.405E-05	5.000E-01	9.036E 02	1.883E 00	1.984E 02	1.739E 01	3.708E 01
36500	4.000E 00	1.283E-05	5.000E-01	9.058E 02	1.861E 00	1.997E 02	1.729E 01	3.737E 01
37000	4.000E 00	1.174E-05	5.000E-01	9.080E 02	1.840E 00	2.010E 02	1.720E 01	3.766E 01
37500	4.000E 00	1.069E-05	5.000E-01	9.101E 02	1.820E 00	2.022E 02	1.711E 01	3.796E 01
38000	4.000E 00	9.731E-06	5.000E-01	9.123E 02	1.801E 00	2.035E 02	1.701E 01	3.826E 01
38500	4.000E 00	8.836E-06	5.000E-01	9.145E 02	1.781E 00	2.047E 02	1.692E 01	3.857E 01
39000	4.000E 00	7.998E-06	5.000E-01	9.166E 02	1.763E 00	2.060E 02	1.682E 01	3.888E 01
39500	4.000E 00	7.212E-06	5.000E-01	9.188E 02	1.745E 00	2.073E 02	1.673E 01	3.919E 01
40000	4.000E 00	6.463E-06	5.000E-01	9.207E 02	1.728E 00	2.085E 02	1.662E 01	3.951E 01

SHOCK VARIABLES FOR NITROGEN GAS

0.0001 atmosphere

Ratio of reflected to initial shock pressure, P_5/P_1	Reflected shock temperature ratio, T_5/T_1	Reflected shock density ratio, ρ_5/ρ_1	Reflected shock enthalpy ratio, h_5/h_1	Reflected shock speed to initial sound speed, U_R/a_1	Compressibility factor, Z_5	Mole fraction		Temperature, T_5 , °K
						X_N	X_{N^+}	
3.027E 02	1.272E 01	2.374E 01	1.531E 01	1.640E 00	1.002E 00	4.730E-03	3.921E-07	2000
4.135E 02	1.477E 01	2.752E 01	1.925E 01	1.678E 00	1.017E 00	3.411E-02	5.276E-06	2500
5.222E 02	1.588E 01	3.160E 01	2.273E 01	1.650E 00	1.041E 00	7.865E-02	1.666E-05	3000
6.418E 02	1.670E 01	3.595E 01	2.612E 01	1.619E 00	1.069E 00	1.296E-01	3.413E-05	3500
6.188E 02	1.755E 01	4.208E 01	3.021E 01	1.597E 00	1.109E 00	1.961E-01	6.359E-05	4000
1.224E 03	1.885E 01	5.468E 01	3.716E 01	1.601E 00	1.187E 00	3.151E-01	1.387E-04	4500
2.118E 03	2.081E 01	7.543E 01	4.842E 01	1.675E 00	1.349E 00	5.168E-01	3.647E-04	5000
3.440E 03	2.318E 01	9.173E 01	6.173E 01	1.874E 00	1.618E 00	7.606E-01	1.046E-03	5500
4.577E 03	2.715E 01	8.717E 01	7.457E 01	2.299E 00	1.934E 00	9.528E-01	4.297E-03	6000
5.118E 03	3.512E 01	6.899E 01	8.939E 01	2.994E 00	2.112E 00	8.910E-01	5.404E-02	6500
5.124E 03	3.795E 01	6.078E 01	9.672E 01	3.272E 00	2.221E 00	7.998E-01	9.995E-02	7000
5.024E 03	3.902E 01	5.644E 01	1.001E 02	3.380E 00	2.281E 00	7.528E-01	1.235E-01	7500
4.916E 03	3.964E 01	5.343E 01	1.021E 02	3.439E 00	2.321E 00	7.230E-01	1.385E-01	8000
4.873E 03	4.032E 01	5.103E 01	1.044E 02	3.505E 00	2.368E 00	6.889E-01	1.555E-01	8500
4.878E 03	4.114E 01	4.883E 01	1.072E 02	3.592E 00	2.429E 00	6.469E-01	1.765E-01	9000
4.944E 03	4.213E 01	4.675E 01	1.107E 02	3.709E 00	2.510E 00	5.933E-01	2.033E-01	9500
5.053E 03	4.343E 01	4.441E 01	1.150E 02	3.879E 00	2.620E 00	5.265E-01	2.367E-01	10000
5.176E 03	4.492E 01	4.167E 01	1.200E 02	4.100E 00	2.762E 00	4.480E-01	2.760E-01	10500
5.271E 03	4.658E 01	3.852E 01	1.255E 02	4.381E 00	2.938E 00	3.615E-01	3.192E-01	11000
5.306E 03	4.852E 01	3.480E 01	1.313E 02	4.736E 00	3.143E 00	2.726E-01	3.637E-01	11500
5.276E 03	5.062E 01	3.093E 01	1.369E 02	5.150E 00	3.366E 00	1.884E-01	4.058E-01	12000
5.158E 03	5.336E 01	2.685E 01	1.425E 02	5.671E 00	3.600E 00	1.111E-01	4.445E-01	12500
5.028E 03	5.735E 01	2.303E 01	1.484E 02	6.332E 00	3.808E 00	5.055E-02	4.747E-01	13000
4.908E 03	6.462E 01	1.925E 01	1.556E 02	7.311E 00	3.946E 00	1.361E-02	4.932E-01	13500
4.862E 03	7.658E 01	1.591E 01	1.653E 02	8.717E 00	3.990E 00	2.506E-03	4.987E-01	14000
4.810E 03	8.840E 01	1.361E 01	1.744E 02	1.006E 01	3.997E 00	6.939E-04	4.997E-01	14500
4.733E 03	9.764E 01	1.212E 01	1.815E 02	1.110E 01	3.999E 00	3.049E-04	4.998E-01	15000
4.639E 03	1.047E 02	1.108E 01	1.888E 02	1.189E 01	3.999E 00	1.791E-04	4.999E-01	15500
4.553E 03	1.101E 02	1.034E 01	1.910E 02	1.249E 01	4.000E 00	1.245E-04	4.999E-01	16000
4.452E 03	1.141E 02	9.754E 00	1.940E 02	1.292E 01	4.000E 00	9.580E-05	5.000E-01	16500
4.371E 03	1.176E 02	9.292E 00	1.966E 02	1.330E 01	4.000E 00	7.753E-05	5.000E-01	17000
4.276E 03	1.205E 02	8.875E 00	1.988E 02	1.360E 01	4.000E 00	6.464E-05	5.000E-01	17500
4.200E 03	1.231E 02	8.532E 00	2.008E 02	1.387E 01	4.000E 00	5.501E-05	5.000E-01	18000
4.111E 03	1.254E 02	8.199E 00	2.025E 02	1.410E 01	4.000E 00	4.718E-05	5.000E-01	18500
4.035E 03	1.275E 02	7.912E 00	2.042E 02	1.432E 01	4.000E 00	4.082E-05	5.000E-01	19000
3.962E 03	1.296E 02	7.641E 00	2.057E 02	1.453E 01	4.000E 00	3.531E-05	5.000E-01	19500
3.888E 03	1.316E 02	7.384E 00	2.073E 02	1.473E 01	4.000E 00	3.054E-05	5.000E-01	20000
3.822E 03	1.337E 02	7.148E 00	2.088E 02	1.494E 01	4.000E 00	2.633E-05	5.000E-01	20500
3.761E 03	1.356E 02	6.936E 00	2.102E 02	1.512E 01	4.000E 00	2.333E-05	5.000E-01	21000
3.704E 03	1.374E 02	6.739E 00	2.116E 02	1.531E 01	4.000E 00	2.072E-05	5.000E-01	21500
3.641E 03	1.393E 02	6.536E 00	2.130E 02	1.549E 01	4.000E 00	1.840E-05	5.000E-01	22000
3.579E 03	1.410E 02	6.345E 00	2.143E 02	1.566E 01	4.000E 00	1.637E-05	5.000E-01	22500
3.530E 03	1.429E 02	6.178E 00	2.157E 02	1.584E 01	4.000E 00	1.461E-05	5.000E-01	23000
3.481E 03	1.448E 02	6.008E 00	2.171E 02	1.604E 01	4.000E 00	1.301E-05	5.000E-01	23500
3.425E 03	1.464E 02	5.848E 00	2.184E 02	1.619E 01	4.000E 00	1.164E-05	5.000E-01	24000
3.381E 03	1.482E 02	5.704E 00	2.197E 02	1.636E 01	4.000E 00	1.043E-05	5.000E-01	24500
3.337E 03	1.499E 02	5.565E 00	2.210E 02	1.653E 01	4.000E 00	9.347E-06	5.000E-01	25000
3.290E 03	1.516E 02	5.424E 00	2.223E 02	1.670E 01	4.000E 00	8.375E-06	5.000E-01	25500
3.241E 03	1.533E 02	5.286E 00	2.236E 02	1.686E 01	4.000E 00	7.510E-06	5.000E-01	26000
3.205E 03	1.551E 02	5.167E 00	2.249E 02	1.703E 01	4.000E 00	6.743E-06	5.000E-01	26500
3.167E 03	1.570E 02	5.045E 00	2.263E 02	1.722E 01	4.000E 00	6.042E-06	5.000E-01	27000
3.123E 03	1.585E 02	4.925E 00	2.275E 02	1.737E 01	4.000E 00	5.439E-06	5.000E-01	27500
3.089E 03	1.602E 02	4.822E 00	2.288E 02	1.753E 01	4.000E 00	4.903E-06	5.000E-01	28000
3.055E 03	1.621E 02	4.712E 00	2.301E 02	1.772E 01	4.000E 00	4.400E-06	5.000E-01	28500
3.016E 03	1.636E 02	4.609E 00	2.313E 02	1.786E 01	4.000E 00	3.971E-06	5.000E-01	29000
2.984E 03	1.652E 02	4.515E 00	2.326E 02	1.801E 01	4.000E 00	3.584E-06	5.000E-01	29500
2.954E 03	1.669E 02	4.425E 00	2.338E 02	1.818E 01	4.000E 00	3.234E-06	5.000E-01	30000
2.919E 03	1.685E 02	4.330E 00	2.351E 02	1.834E 01	4.000E 00	2.917E-06	5.000E-01	30500
2.884E 03	1.701E 02	4.238E 00	2.363E 02	1.849E 01	4.000E 00	2.634E-06	5.000E-01	31000
2.857E 03	1.718E 02	4.158E 00	2.376E 02	1.865E 01	4.000E 00	2.384E-06	5.000E-01	31500
2.830E 03	1.737E 02	4.074E 00	2.388E 02	1.884E 01	4.000E 00	2.146E-06	5.000E-01	32000
2.797E 03	1.751E 02	3.995E 00	2.400E 02	1.897E 01	4.000E 00	1.945E-06	5.000E-01	32500
2.771E 03	1.767E 02	3.922E 00	2.412E 02	1.913E 01	4.000E 00	1.766E-06	5.000E-01	33000
2.747E 03	1.783E 02	3.852E 00	2.425E 02	1.929E 01	4.000E 00	1.598E-06	5.000E-01	33500
2.718E 03	1.799E 02	3.777E 00	2.437E 02	1.944E 01	4.000E 00	1.449E-06	5.000E-01	34000
2.689E 03	1.815E 02	3.705E 00	2.449E 02	1.960E 01	4.000E 00	1.311E-06	5.000E-01	34500
2.667E 03	1.831E 02	3.642E 00	2.461E 02	1.975E 01	4.000E 00	1.192E-06	5.000E-01	35000
2.644E 03	1.849E 02	3.575E 00	2.473E 02	1.994E 01	4.000E 00	1.077E-06	5.000E-01	35500
2.617E 03	1.861E 02	3.517E 00	2.484E 02	2.004E 01	4.000E 00	9.835E-07	5.000E-01	36000
2.592E 03	1.878E 02	3.452E 00	2.496E 02	2.021E 01	4.000E 00	8.903E-07	5.000E-01	36500
2.572E 03	1.893E 02	3.396E 00	2.508E 02	2.037E 01	4.000E 00	8.121E-07	5.000E-01	37000
2.551E 03	1.909E 02	3.341E 00	2.520E 02	2.052E 01	4.000E 00	7.413E-07	5.000E-01	37500
2.527E 03	1.924E 02	3.283E 00	2.531E 02	2.067E 01	4.000E 00	6.706E-07	5.000E-01	38000
2.502E 03	1.939E 02	3.226E 00	2.543E 02	2.082E 01	4.000E 00	6.109E-07	5.000E-01	38500
2.484E 03	1.955E 02	3.177E 00	2.555E 02	2.098E 01	4.000E 00	5.588E-07	5.000E-01	39000
2.465E 03	1.972E 02	3.125E 00	2.567E 02	2.116E 01	4.000E 00	5.066E-07	5.000E-01	39500
2.446E 03	1.985E 02	3.074E 00	2.577E 02	2.127E 01	4.000E 00	4.619E-07	5.000E-01	40000

TABLE II. - Continued. HYDRODYNAMIC

(c) Initial pressure,

Temperature, T_2 , °K	Compress- ibility factor, Z_2	Mole fraction		Primary shock					Particle speed to initial sound speed, U_2/a_1	Mach number, M_s
		X_N	X_{N^+}	Pressure ratio, P_2/P_1	Density ratio, ρ_2/ρ_1	Enthalpy ratio, h_2/h_1				
2000	1.000E 00	4.326E-09	3.021E-14	4.011E 01	6.017E 00	7.516E 00	4.827E 00	5.789E 00	6.433E 00	6.433E 00
2500	1.000E 00	1.080E-06	1.248E-11	5.289E 01	6.347E 00	9.581E 00	5.588E 00	6.263E 00	7.387E 00	7.387E 00
3000	1.000E 00	5.164E-05	1.016E-09	6.577E 01	6.577E 00	1.166E 01	6.263E 00	6.888E 00	8.087E 00	8.087E 00
3500	1.000E 00	7.578E-04	2.584E-08	7.894E 01	6.764E 00	1.378E 01	7.522E 00	8.778E 00	9.619E 00	9.619E 00
4000	1.003E 00	5.282E-03	3.145E-07	9.344E 01	6.989E 00	1.609E 01	8.327E 00	9.513E 00	1.081E 01	1.081E 01
4500	1.013E 00	2.599E-02	2.671E-06	1.131E 02	7.445E 00	1.917E 01	9.482E 00	1.109E 01	1.239E 01	1.239E 01
5000	1.045E 00	8.587E-02	1.481E-05	1.450E 02	8.326E 00	2.404E 01	1.281E 01	1.451E 01	1.417E 01	1.417E 01
5500	1.112E 00	2.016E-01	5.718E-05	1.933E 02	9.482E 00	3.137E 01	1.583E 01	1.622E 01	1.855E 01	1.855E 01
6000	1.225E 00	3.665E-01	1.720E-04	2.550E 02	1.041E 01	4.077E 01	1.751E 01	1.774E 01	1.996E 01	1.996E 01
6500	1.401E 00	5.713E-01	4.506E-04	3.260E 02	1.074E 01	5.176E 01	1.800E 01	2.032E 01	2.274E 01	2.274E 01
7000	1.616E 00	7.595E-01	1.042E-03	3.892E 02	1.032E 01	6.184E 01	2.056E 01	2.072E 01	2.514E 01	2.514E 01
7500	1.801E 00	8.831E-01	2.185E-03	4.325E 02	9.605E 00	6.906E 01	2.082E 01	2.082E 01	2.672E 01	2.672E 01
8000	1.912E 00	9.435E-01	3.501E-03	4.579E 02	8.981E 00	7.354E 01	2.078E 01	2.078E 01	2.755E 01	2.755E 01
8500	1.970E 00	9.645E-01	6.772E-03	4.753E 02	8.516E 00	7.672E 01	2.070E 01	2.070E 01	2.789E 01	2.789E 01
9000	2.004E 00	9.654E-01	1.224E-02	4.903E 02	8.155E 00	7.948E 01	2.061E 01	2.061E 01	2.820E 01	2.820E 01
9500	2.033E 00	9.537E-01	2.083E-02	5.060E 02	7.860E 00	8.231E 01	2.052E 01	2.052E 01	2.848E 01	2.848E 01
10000	2.065E 00	9.308E-01	3.350E-02	5.235E 02	7.607E 00	8.546E 01	2.042E 01	2.042E 01	2.874E 01	2.874E 01
10500	2.105E 00	8.968E-01	5.106E-02	5.433E 02	7.373E 00	8.897E 01	2.033E 01	2.033E 01	2.898E 01	2.898E 01
11000	2.158E 00	8.517E-01	7.390E-02	5.655E 02	7.146E 00	9.293E 01	2.024E 01	2.024E 01	2.921E 01	2.921E 01
11500	2.226E 00	7.961E-01	1.018E-01	5.901E 02	6.915E 00	9.732E 01	2.015E 01	2.015E 01	2.944E 01	2.944E 01
12000	2.309E 00	7.319E-01	1.340E-01	6.162E 02	6.671E 00	1.021E 02	2.006E 01	2.006E 01	2.966E 01	2.966E 01
12500	2.413E 00	6.573E-01	1.713E-01	6.441E 02	6.405E 00	1.072E 02	1.998E 01	1.998E 01	2.988E 01	2.988E 01
13000	2.536E 00	5.771E-01	2.114E-01	6.721E 02	6.116E 00	1.126E 02	1.989E 01	1.989E 01	3.009E 01	3.009E 01
13500	2.676E 00	4.946E-01	2.527E-01	6.993E 02	5.807E 00	1.179E 02	1.981E 01	1.981E 01	3.030E 01	3.030E 01
14000	2.830E 00	4.132E-01	2.934E-01	7.244E 02	5.485E 00	1.232E 02	1.972E 01	1.972E 01	3.052E 01	3.052E 01
14500	2.954E 00	3.361E-01	3.319E-01	7.468E 02	5.161E 00	1.282E 02	1.964E 01	1.964E 01	3.073E 01	3.073E 01
15000	3.159E 00	2.663E-01	3.668E-01	7.657E 02	4.848E 00	1.328E 02	1.955E 01	1.955E 01	3.095E 01	3.095E 01
15500	3.318E 00	2.054E-01	3.973E-01	7.812E 02	4.556E 00	1.369E 02	1.947E 01	1.947E 01	3.116E 01	3.116E 01
16000	3.466E 00	1.542E-01	4.229E-01	7.934E 02	4.293E 00	1.406E 02	1.939E 01	1.939E 01	3.138E 01	3.138E 01
16500	3.584E 00	1.161E-01	4.420E-01	8.024E 02	4.071E 00	1.436E 02	1.930E 01	1.930E 01	3.160E 01	3.160E 01
17000	3.681E 00	8.678E-02	4.566E-01	8.093E 02	3.880E 00	1.462E 02	1.922E 01	1.922E 01	3.182E 01	3.182E 01
17500	3.757E 00	6.477E-02	4.676E-01	8.147E 02	3.718E 00	1.485E 02	1.914E 01	1.914E 01	3.204E 01	3.204E 01
18000	3.815E 00	4.848E-02	4.758E-01	8.191E 02	3.578E 00	1.505E 02	1.905E 01	1.905E 01	3.227E 01	3.227E 01
18500	3.855E 00	3.650E-02	4.817E-01	8.227E 02	3.457E 00	1.523E 02	1.897E 01	1.897E 01	3.249E 01	3.249E 01
19000	3.892E 00	2.770E-02	4.861E-01	8.259E 02	3.350E 00	1.540E 02	1.888E 01	1.888E 01	3.272E 01	3.272E 01
19500	3.917E 00	2.122E-02	4.894E-01	8.288E 02	3.255E 00	1.556E 02	1.880E 01	1.880E 01	3.296E 01	3.296E 01
20000	3.935E 00	1.642E-02	4.918E-01	8.315E 02	3.169E 00	1.571E 02	1.871E 01	1.871E 01	3.319E 01	3.319E 01
20500	3.949E 00	1.284E-02	4.936E-01	8.341E 02	3.091E 00	1.585E 02	1.863E 01	1.863E 01	3.343E 01	3.343E 01
21000	3.960E 00	1.014E-02	4.949E-01	8.365E 02	3.018E 00	1.599E 02	1.854E 01	1.854E 01	3.367E 01	3.367E 01
21500	3.968E 00	8.082E-03	4.960E-01	8.389E 02	2.950E 00	1.613E 02	1.845E 01	1.845E 01	3.391E 01	3.391E 01
22000	3.974E 00	6.504E-03	4.967E-01	8.413E 02	2.887E 00	1.626E 02	1.837E 01	1.837E 01	3.416E 01	3.416E 01
22500	3.979E 00	5.280E-03	4.974E-01	8.436E 02	2.827E 00	1.640E 02	1.828E 01	1.828E 01	3.441E 01	3.441E 01
23000	3.983E 00	4.321E-03	4.978E-01	8.459E 02	2.770E 00	1.653E 02	1.820E 01	1.820E 01	3.466E 01	3.466E 01
23500	3.986E 00	3.562E-03	4.982E-01	8.482E 02	2.717E 00	1.666E 02	1.811E 01	1.811E 01	3.491E 01	3.491E 01
24000	3.988E 00	2.957E-03	4.985E-01	8.505E 02	2.666E 00	1.679E 02	1.802E 01	1.802E 01	3.517E 01	3.517E 01
24500	3.990E 00	2.462E-03	4.988E-01	8.527E 02	2.617E 00	1.692E 02	1.793E 01	1.793E 01	3.543E 01	3.543E 01
25000	3.992E 00	2.060E-03	4.990E-01	8.550E 02	2.570E 00	1.705E 02	1.784E 01	1.784E 01	3.570E 01	3.570E 01
25500	3.993E 00	1.734E-03	4.991E-01	8.572E 02	2.526E 00	1.717E 02	1.775E 01	1.775E 01	3.597E 01	3.597E 01
26000	3.994E 00	1.468E-03	4.993E-01	8.595E 02	2.483E 00	1.730E 02	1.766E 01	1.766E 01	3.624E 01	3.624E 01
26500	3.995E 00	1.250E-03	4.994E-01	8.617E 02	2.442E 00	1.743E 02	1.757E 01	1.757E 01	3.652E 01	3.652E 01
27000	3.996E 00	1.070E-03	4.995E-01	8.639E 02	2.402E 00	1.756E 02	1.748E 01	1.748E 01	3.680E 01	3.680E 01
27500	3.996E 00	9.216E-04	4.995E-01	8.662E 02	2.364E 00	1.769E 02	1.739E 01	1.739E 01	3.708E 01	3.708E 01
28000	3.997E 00	7.979E-04	4.996E-01	8.684E 02	2.328E 00	1.781E 02	1.729E 01	1.729E 01	3.737E 01	3.737E 01
28500	3.997E 00	6.945E-04	4.997E-01	8.706E 02	2.293E 00	1.794E 02	1.720E 01	1.720E 01	3.766E 01	3.766E 01
29000	3.998E 00	6.076E-04	4.997E-01	8.728E 02	2.259E 00	1.807E 02	1.711E 01	1.711E 01	3.796E 01	3.796E 01
29500	3.998E 00	5.343E-04	4.997E-01	8.751E 02	2.226E 00	1.820E 02	1.701E 01	1.701E 01	3.826E 01	3.826E 01
30000	3.998E 00	4.722E-04	4.998E-01	8.773E 02	2.194E 00	1.832E 02	1.692E 01	1.692E 01	3.857E 01	3.857E 01
30500	3.998E 00	4.192E-04	4.998E-01	8.795E 02	2.164E 00	1.845E 02	1.682E 01	1.682E 01	3.888E 01	3.888E 01
31000	3.999E 00	3.738E-04	4.998E-01	8.817E 02	2.134E 00	1.858E 02	1.673E 01	1.673E 01	3.919E 01	3.919E 01
31500	3.999E 00	3.347E-04	4.998E-01	8.839E 02	2.105E 00	1.870E 02	1.663E 01	1.663E 01	3.951E 01	3.951E 01
32000	3.999E 00	3.008E-04	4.998E-01	8.861E 02	2.077E 00	1.883E 02	1.653E 01	1.653E 01	3.983E 01	3.983E 01
32500	3.999E 00	2.713E-04	4.999E-01	8.883E 02	2.051E 00	1.896E 02	1.643E 01	1.643E 01	4.015E 01	4.015E 01
33000	3.999E 00	2.454E-04	4.999E-01	8.905E 02	2.024E 00	1.908E 02	1.633E 01	1.633E 01	4.047E 01	4.047E 01
33500	3.999E 00	2.226E-04	4.999E-01	8.927E 02	1.999E 00	1.921E 02	1.623E 01	1.623E 01	4.079E 01	4.079E 01
34000	3.999E 00	2.025E-04	4.999E-01	8.949E 02	1.974E 00	1.934E 02	1.613E 01	1.613E 01	4.111E 01	4.111E 01
34500	3.999E 00	1.845E-04	4.999E-01	8.971E 02	1.951E 00	1.946E 02	1.603E 01	1.603E 01	4.143E 01	4.143E 01
35000	3.999E 00	1.683E-04	4.999E-01	8.993E 02	1.927E 00	1.959E 02	1.593E 01	1.593E 01	4.175E 01	4.175E 01
35500	3.999E 00	1.537E-04	4.999E-01	9.015E 02	1.905E 00	1.972E 02	1.583E 01	1.583E 01	4.207E 01	4.207E 01
36000	3.999E 00	1.404E-04	4.999E-01	9.036E 02	1.883E 00	1.984E 02	1.573E 01	1.573E 01	4.239E 01	4.239E 01
36500	3.999E 00	1.283E-04	4.999E-01	9.058E 02	1.861E 00	1.997E 02	1.563E 01	1.563E 01	4.271E 01	4.271E 01
37000	4.000E 00	1.172E-04	4.999E-01	9.080E 02	1.841E 00	2.010E 02	1.553E 01	1.553E 01	4.303E 01	4.303E 01
37500	4.000E 00	1.068E-04	4.999E-01	9.101E 02	1.820E 00	2.022E 02	1.543E 01	1.543E 01	4.335E 01	4.335E 01
38000	4.000E 00	9.727E-05	5.000E-01	9.123E 02	1.801E 00	2.035E 02	1.533E 01	1.533E 01	4.367E 01	4.367E 01
38500	4.000E 00	8.834E-05	5.000E-01	9.145E 02	1.782E 00	2.047E 02	1.523E 01	1.523E 01	4.399E 01	4.399E 01
39000	4.000E 00	7.997E-05	5.000E-01	9.166E 02	1.763E 00	2.060E 02	1.513E 01	1.513E 01	4.431E 01	4.431E 01
39500	4.000E 00	7.213E-05	5.000E-01	9.188E 02	1.745E 00	2.073E 02	1.503E 01	1.503E 01	4.463E 01	4.463E 01
40000	4.000E 00	6.465E-05	5.000E-01	9.207E 02	1.726E 00	2.085E 02	1.493E 01	1.493E 01	4.495E 01	4.495E 01

SHOCK VARIABLES FOR NITROGEN GAS

0.001 atmosphere

Ratio of reflected to initial shock pressure, P_5/P_1	Reflected shock temperature ratio, T_5/T_1	Reflected shock density ratio, ρ_5/ρ_1	Reflected shock enthalpy ratio, h_5/h_1	Reflected shock speed to initial sound speed, U_R/a_1	Compressibility factor, Z_5	Mole fraction		Temperature, T_2 , °K
						X_N	X_{N^+}	
3.034E 02	1.289E 01	2.352E 01	1.537E 01	1.660E 00	1.001E 00	1.800E-03	5.016E-08	2000
4.166E 02	1.548E 01	2.662E 01	1.954E 01	1.750E 00	1.011E 00	2.078E-02	1.340E-06	2500
5.276E 02	1.702E 01	3.010E 01	2.321E 01	1.753E 00	1.030E 00	5.838E-02	6.039E-06	3000
6.411E 02	1.812E 01	3.356E 01	2.663E 01	1.741E 00	1.054E 00	1.033E-01	1.478E-05	3500
7.743E 02	1.907E 01	3.747E 01	3.014E 01	1.729E 00	1.084E 00	1.547E-01	2.914E-05	4000
9.857E 02	2.018E 01	4.334E 01	3.466E 01	1.731E 00	1.127E 00	2.255E-01	5.774E-05	4500
1.393E 03	2.164E 01	5.343E 01	4.144E 01	1.758E 00	1.205E 00	3.394E-01	1.280E-04	5000
2.094E 03	2.351E 01	6.670E 01	5.066E 01	1.841E 00	1.335E 00	5.013E-01	3.142E-04	5500
3.015E 03	2.564E 01	7.715E 01	6.102E 01	2.001E 00	1.524E 00	6.853E-01	8.216E-04	6000
3.951E 03	2.857E 01	7.867E 01	7.210E 01	2.300E 00	1.775E 00	8.666E-01	2.304E-03	6500
4.652E 03	3.413E 01	6.810E 01	8.393E 01	2.832E 00	2.002E 00	9.583E-01	1.416E-02	7000
4.898E 03	4.053E 01	5.696E 01	9.527E 01	3.377E 00	2.121E 00	8.830E-01	5.806E-02	7500
4.879E 03	4.334E 01	5.107E 01	1.014E 02	3.639E 00	2.205E 00	8.137E-01	9.304E-02	8000
4.820E 03	4.473E 01	4.767E 01	1.049E 02	3.773E 00	2.261E 00	7.688E-01	1.155E-01	8500
4.765E 03	4.571E 01	4.520E 01	1.074E 02	3.866E 00	2.306E 00	7.342E-01	1.328E-01	9000
4.740E 03	4.668E 01	4.317E 01	1.099E 02	3.957E 00	2.352E 00	7.004E-01	1.497E-01	9500
4.752E 03	4.768E 01	4.145E 01	1.125E 02	4.056E 00	2.405E 00	6.634E-01	1.683E-01	10000
4.783E 03	4.878E 01	3.974E 01	1.155E 02	4.174E 00	2.467E 00	6.211E-01	1.895E-01	10500
4.834E 03	5.002E 01	3.799E 01	1.188E 02	4.319E 00	2.544E 00	5.724E-01	2.138E-01	11000
4.894E 03	5.137E 01	3.615E 01	1.225E 02	4.493E 00	2.636E 00	5.176E-01	2.412E-01	11500
4.946E 03	5.274E 01	3.418E 01	1.264E 02	4.691E 00	2.743E 00	4.582E-01	2.709E-01	12000
4.988E 03	5.439E 01	3.195E 01	1.307E 02	4.944E 00	2.871E 00	3.932E-01	3.034E-01	12500
5.000E 03	5.617E 01	2.951E 01	1.352E 02	5.241E 00	3.016E 00	3.262E-01	3.369E-01	13000
4.974E 03	5.812E 01	2.695E 01	1.397E 02	5.586E 00	3.175E 00	2.598E-01	3.701E-01	13500
4.907E 03	6.028E 01	2.435E 01	1.443E 02	5.982E 00	3.344E 00	1.963E-01	4.019E-01	14000
4.809E 03	6.285E 01	2.177E 01	1.488E 02	6.443E 00	3.514E 00	1.382E-01	4.309E-01	14500
4.687E 03	6.608E 01	1.929E 01	1.535E 02	6.986E 00	3.676E 00	8.804E-02	4.560E-01	15000
4.564E 03	7.040E 01	1.699E 01	1.586E 02	7.639E 00	3.816E 00	4.832E-02	4.758E-01	15500
4.462E 03	7.685E 01	1.483E 01	1.647E 02	8.495E 00	3.916E 00	2.154E-02	4.892E-01	16000
4.378E 03	8.499E 01	1.299E 01	1.715E 02	9.478E 00	3.965E 00	8.733E-03	4.956E-01	16500
4.317E 03	9.384E 01	1.155E 01	1.784E 02	1.050E 01	3.985E 00	3.776E-03	4.981E-01	17000
4.247E 03	1.018E 02	1.045E 01	1.846E 02	1.140E 01	3.992E 00	1.987E-03	4.990E-01	17500
4.169E 03	1.087E 02	9.598E 00	1.898E 02	1.217E 01	3.995E 00	1.239E-03	4.994E-01	18000
4.105E 03	1.144E 02	8.978E 00	1.942E 02	1.280E 01	3.997E 00	8.712E-04	4.996E-01	18500
4.025E 03	1.192E 02	8.450E 00	1.978E 02	1.332E 01	3.997E 00	6.550E-04	4.997E-01	19000
3.957E 03	1.230E 02	8.048E 00	2.008E 02	1.374E 01	3.998E 00	5.170E-04	4.997E-01	19500
3.900E 03	1.266E 02	7.706E 00	2.034E 02	1.413E 01	3.998E 00	4.174E-04	4.998E-01	20000
3.825E 03	1.295E 02	7.384E 00	2.057E 02	1.444E 01	3.999E 00	3.418E-04	4.998E-01	20500
3.763E 03	1.323E 02	7.115E 00	2.078E 02	1.473E 01	3.999E 00	2.827E-04	4.999E-01	21000
3.701E 03	1.349E 02	6.859E 00	2.097E 02	1.501E 01	3.999E 00	2.376E-04	4.999E-01	21500
3.644E 03	1.372E 02	6.640E 00	2.114E 02	1.524E 01	3.999E 00	2.059E-04	4.999E-01	22000
3.592E 03	1.394E 02	6.441E 00	2.131E 02	1.547E 01	3.999E 00	1.796E-04	4.999E-01	22500
3.533E 03	1.415E 02	6.242E 00	2.147E 02	1.568E 01	3.999E 00	1.574E-04	4.999E-01	23000
3.482E 03	1.436E 02	6.064E 00	2.162E 02	1.588E 01	3.999E 00	1.387E-04	4.999E-01	23500
3.432E 03	1.455E 02	5.897E 00	2.177E 02	1.607E 01	4.000E 00	1.227E-04	4.999E-01	24000
3.385E 03	1.476E 02	5.735E 00	2.192E 02	1.628E 01	4.000E 00	1.086E-04	4.999E-01	24500
3.339E 03	1.493E 02	5.591E 00	2.205E 02	1.645E 01	4.000E 00	9.680E-05	5.000E-01	25000
3.292E 03	1.511E 02	5.447E 00	2.219E 02	1.663E 01	4.000E 00	8.627E-05	5.000E-01	25500
3.250E 03	1.531E 02	5.309E 00	2.233E 02	1.683E 01	4.000E 00	7.684E-05	5.000E-01	26000
3.201E 03	1.547E 02	5.173E 00	2.246E 02	1.699E 01	4.000E 00	6.873E-05	5.000E-01	26500
3.167E 03	1.565E 02	5.066E 00	2.260E 02	1.716E 01	4.000E 00	6.169E-05	5.000E-01	27000
3.130E 03	1.584E 02	4.940E 00	2.273E 02	1.735E 01	4.000E 00	5.518E-05	5.000E-01	27500
3.086E 03	1.600E 02	4.823E 00	2.286E 02	1.750E 01	4.000E 00	4.958E-05	5.000E-01	28000
3.054E 03	1.616E 02	4.723E 00	2.299E 02	1.766E 01	4.000E 00	4.464E-05	5.000E-01	28500
3.021E 03	1.636E 02	4.617E 00	2.312E 02	1.786E 01	4.000E 00	4.003E-05	5.000E-01	29000
2.982E 03	1.651E 02	4.517E 00	2.325E 02	1.800E 01	4.000E 00	3.611E-05	5.000E-01	29500
2.951E 03	1.667E 02	4.426E 00	2.337E 02	1.816E 01	4.000E 00	3.259E-05	5.000E-01	30000
2.922E 03	1.684E 02	4.338E 00	2.350E 02	1.832E 01	4.000E 00	2.941E-05	5.000E-01	30500
2.888E 03	1.700E 02	4.246E 00	2.362E 02	1.848E 01	4.000E 00	2.652E-05	5.000E-01	31000
2.854E 03	1.717E 02	4.157E 00	2.375E 02	1.864E 01	4.000E 00	2.394E-05	5.000E-01	31500
2.826E 03	1.733E 02	4.079E 00	2.387E 02	1.880E 01	4.000E 00	2.164E-05	5.000E-01	32000
2.802E 03	1.752E 02	3.998E 00	2.400E 02	1.899E 01	4.000E 00	1.951E-05	5.000E-01	32500
2.770E 03	1.766E 02	3.920E 00	2.412E 02	1.912E 01	4.000E 00	1.769E-05	5.000E-01	33000
2.745E 03	1.782E 02	3.850E 00	2.424E 02	1.928E 01	4.000E 00	1.604E-05	5.000E-01	33500
2.721E 03	1.798E 02	3.782E 00	2.436E 02	1.943E 01	4.000E 00	1.454E-05	5.000E-01	34000
2.692E 03	1.814E 02	3.710E 00	2.448E 02	1.959E 01	4.000E 00	1.317E-05	5.000E-01	34500
2.664E 03	1.830E 02	3.640E 00	2.460E 02	1.974E 01	4.000E 00	1.194E-05	5.000E-01	35000
2.642E 03	1.846E 02	3.579E 00	2.472E 02	1.990E 01	4.000E 00	1.084E-05	5.000E-01	35500
2.620E 03	1.864E 02	3.514E 00	2.485E 02	2.009E 01	4.000E 00	9.809E-06	5.000E-01	36000
2.593E 03	1.878E 02	3.453E 00	2.496E 02	2.021E 01	4.000E 00	8.937E-06	5.000E-01	36500
2.572E 03	1.893E 02	3.396E 00	2.508E 02	2.036E 01	4.000E 00	8.132E-06	5.000E-01	37000
2.552E 03	1.909E 02	3.343E 00	2.520E 02	2.052E 01	4.000E 00	7.402E-06	5.000E-01	37500
2.527E 03	1.924E 02	3.284E 00	2.531E 02	2.067E 01	4.000E 00	6.732E-06	5.000E-01	38000
2.503E 03	1.939E 02	3.227E 00	2.543E 02	2.082E 01	4.000E 00	6.124E-06	5.000E-01	38500
2.485E 03	1.955E 02	3.178E 00	2.554E 02	2.097E 01	4.000E 00	5.581E-06	5.000E-01	39000
2.466E 03	1.973E 02	3.125E 00	2.567E 02	2.116E 01	4.000E 00	5.066E-06	5.000E-01	39500
2.441E 03	1.983E 02	3.078E 00	2.576E 02	2.124E 01	4.000E 00	4.668E-06	5.000E-01	40000

TABLE II. - Continued. HYDRODYNAMIC

(d) Initial pressure,

Temperature, T_2 , °K	Compress- ibility factor, Z_2	Mole fraction		Primary shock					Particle speed to initial sound speed, u_2/a_1	Mach number, M_3
		X_N	X_{N^+}	Pressure ratio, P_2/P_1	Density ratio, ρ_2/ρ_1	Enthalpy ratio, h_2/h_1				
2000	1.000E 00	1.368E-09	3.021E-15	4.011E 01	6.017E 00	7.516E 00	4.877E 00	5.789E 00	5.789E 00	6.633E 00
2500	1.000E 00	3.417E-07	1.248E-12	5.289E 01	6.347E 00	9.581E 00	5.588E 00	6.263E 00	7.386E 00	8.075E 00
3000	1.000E 00	1.633E-05	1.016E-10	6.576E 01	6.576E 00	1.166E 01	6.879E 00	8.075E 00	8.730E 00	9.407E 00
3500	1.000E 00	2.400E-04	2.592E-09	7.877E 01	6.751E 00	1.376E 01	8.089E 00	1.020E 01	1.120E 01	1.238E 01
4000	1.001E 00	1.684E-03	3.191E-08	9.226E 01	6.914E 00	1.592E 01	8.847E 00	1.601E 01	1.670E 01	1.789E 01
4500	1.004E 00	8.505E-03	2.835E-07	1.075E 02	7.138E 00	1.835E 01	9.817E 00	1.745E 01	1.995E 01	2.072E 01
5000	1.015E 00	2.985E-02	1.737E-06	1.274E 02	7.528E 00	2.145E 01	1.098E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
5500	1.040E 00	7.663E-02	7.682E-06	1.549E 02	8.123E 00	2.569E 01	1.234E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
6000	1.084E 00	1.547E-01	2.649E-05	1.913E 02	8.826E 00	3.127E 01	1.375E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
6500	1.159E 00	2.747E-01	7.990E-05	2.393E 02	9.526E 00	3.862E 01	1.502E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
7000	1.273E 00	4.277E-01	2.129E-04	2.953E 02	9.946E 00	4.727E 01	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
7500	1.421E 00	5.908E-01	5.114E-04	3.522E 02	9.915E 00	5.623E 01	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
8000	1.586E 00	7.360E-01	9.196E-04	4.019E 02	9.503E 00	6.429E 01	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
8500	1.737E 00	8.428E-01	1.935E-03	4.403E 02	8.946E 00	7.077E 01	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
9000	1.852E 00	9.090E-01	3.699E-03	4.678E 02	8.426E 00	7.561E 01	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
9500	1.931E 00	9.445E-01	6.542E-03	4.885E 02	7.990E 00	7.937E 01	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
10000	1.980E 00	9.576E-01	1.083E-02	5.054E 02	7.656E 00	8.247E 01	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
10500	2.014E 00	9.560E-01	1.695E-02	5.205E 02	7.384E 00	8.526E 01	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
11000	2.041E 00	9.446E-01	2.524E-02	5.353E 02	7.152E 00	8.801E 01	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
11500	2.069E 00	9.258E-01	3.589E-02	5.508E 02	6.944E 00	9.085E 01	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
12000	2.100E 00	9.008E-01	4.898E-02	5.671E 02	6.750E 00	9.385E 01	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
12500	2.138E 00	8.687E-01	6.534E-02	5.847E 02	6.563E 00	9.710E 01	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
13000	2.184E 00	8.304E-01	8.462E-02	6.035E 02	6.377E 00	1.006E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
13500	2.239E 00	7.864E-01	1.067E-01	6.233E 02	6.187E 00	1.043E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
14000	2.302E 00	7.370E-01	1.314E-01	6.438E 02	5.992E 00	1.082E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
14500	2.377E 00	6.829E-01	1.585E-01	6.647E 02	5.787E 00	1.122E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
15000	2.462E 00	6.246E-01	1.877E-01	6.859E 02	5.572E 00	1.164E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
15500	2.560E 00	5.627E-01	2.186E-01	7.069E 02	5.346E 00	1.207E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
16000	2.670E 00	4.981E-01	2.510E-01	7.275E 02	5.108E 00	1.251E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
16500	2.783E 00	4.373E-01	2.813E-01	7.459E 02	4.873E 00	1.293E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
17000	2.902E 00	3.785E-01	3.107E-01	7.628E 02	4.639E 00	1.333E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
17500	3.022E 00	3.234E-01	3.383E-01	7.777E 02	4.411E 00	1.371E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
18000	3.142E 00	2.731E-01	3.635E-01	7.905E 02	4.193E 00	1.407E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
18500	3.257E 00	2.282E-01	3.859E-01	8.014E 02	3.990E 00	1.440E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
19000	3.364E 00	1.891E-01	4.055E-01	8.104E 02	3.804E 00	1.470E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
19500	3.461E 00	1.558E-01	4.221E-01	8.179E 02	3.636E 00	1.498E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
20000	3.546E 00	1.279E-01	4.360E-01	8.240E 02	3.485E 00	1.523E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
20500	3.620E 00	1.049E-01	4.475E-01	8.290E 02	3.351E 00	1.546E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
21000	3.683E 00	8.608E-02	4.570E-01	8.333E 02	3.232E 00	1.567E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
21500	3.736E 00	7.077E-02	4.646E-01	8.370E 02	3.127E 00	1.586E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
22000	3.779E 00	5.836E-02	4.708E-01	8.403E 02	3.032E 00	1.604E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
22500	3.816E 00	4.831E-02	4.758E-01	8.432E 02	2.947E 00	1.622E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
23000	3.846E 00	4.016E-02	4.799E-01	8.460E 02	2.869E 00	1.638E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
23500	3.870E 00	3.352E-02	4.832E-01	8.485E 02	2.799E 00	1.653E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
24000	3.891E 00	2.811E-02	4.859E-01	8.510E 02	2.734E 00	1.668E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
24500	3.908E 00	2.360E-02	4.882E-01	8.533E 02	2.674E 00	1.683E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
25000	3.922E 00	1.989E-02	4.901E-01	8.557E 02	2.618E 00	1.697E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
25500	3.934E 00	1.684E-02	4.916E-01	8.579E 02	2.566E 00	1.711E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
26000	3.944E 00	1.432E-02	4.928E-01	8.602E 02	2.517E 00	1.725E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
26500	3.952E 00	1.224E-02	4.939E-01	8.624E 02	2.471E 00	1.739E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
27000	3.958E 00	1.051E-02	4.947E-01	8.646E 02	2.427E 00	1.752E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
27500	3.964E 00	9.073E-03	4.955E-01	8.668E 02	2.385E 00	1.765E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
28000	3.969E 00	7.872E-03	4.961E-01	8.690E 02	2.346E 00	1.779E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
28500	3.973E 00	6.864E-03	4.966E-01	8.712E 02	2.308E 00	1.792E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
29000	3.976E 00	6.014E-03	4.970E-01	8.734E 02	2.272E 00	1.805E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
29500	3.979E 00	5.296E-03	4.974E-01	8.756E 02	2.238E 00	1.818E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
30000	3.981E 00	4.685E-03	4.977E-01	8.778E 02	2.205E 00	1.831E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
30500	3.983E 00	4.163E-03	4.979E-01	8.800E 02	2.173E 00	1.844E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
31000	3.985E 00	3.715E-03	4.981E-01	8.821E 02	2.142E 00	1.856E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
31500	3.987E 00	3.328E-03	4.983E-01	8.843E 02	2.113E 00	1.869E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
32000	3.988E 00	2.993E-03	4.985E-01	8.865E 02	2.084E 00	1.882E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
32500	3.989E 00	2.701E-03	4.986E-01	8.887E 02	2.056E 00	1.895E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
33000	3.990E 00	2.444E-03	4.988E-01	8.909E 02	2.030E 00	1.908E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
33500	3.991E 00	2.218E-03	4.989E-01	8.930E 02	2.004E 00	1.920E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
34000	3.992E 00	2.018E-03	4.990E-01	8.952E 02	1.979E 00	1.933E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
34500	3.993E 00	1.839E-03	4.991E-01	8.974E 02	1.954E 00	1.946E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
35000	3.993E 00	1.678E-03	4.992E-01	8.996E 02	1.931E 00	1.958E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
35500	3.994E 00	1.533E-03	4.992E-01	9.017E 02	1.908E 00	1.971E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
36000	3.994E 00	1.401E-03	4.993E-01	9.039E 02	1.886E 00	1.984E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
36500	3.995E 00	1.281E-03	4.994E-01	9.060E 02	1.864E 00	1.997E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
37000	3.995E 00	1.169E-03	4.994E-01	9.082E 02	1.843E 00	2.009E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
37500	3.996E 00	1.067E-03	4.995E-01	9.104E 02	1.823E 00	2.022E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
38000	3.996E 00	9.712E-04	4.995E-01	9.125E 02	1.803E 00	2.034E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
38500	3.996E 00	8.821E-04	4.996E-01	9.147E 02	1.783E 00	2.047E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
39000	3.997E 00	7.987E-04	4.996E-01	9.168E 02	1.764E 00	2.060E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
39500	3.997E 00	7.204E-04	4.996E-01	9.189E 02	1.746E 00	2.072E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01
40000	3.997E 00	6.458E-04	4.997E-01	9.208E 02	1.728E 00	2.085E 02	1.601E 01	2.036E 01	2.072E 01	2.106E 01

SHOCK VARIABLES FOR NITROGEN GAS

0.01 atmosphere

Ratio of reflected to initial shock pressure, P_5/P_1	Reflected shock temperature ratio, T_5/T_1	Reflected shock density ratio, ρ_5/ρ_1	Reflected shock enthalpy ratio, h_5/h_1	Reflected shock speed to initial sound speed, U_R/a_1	Compressibility factor, Z_5	Mole Fraction		Temperature, T_2 , °K
						X_N	X_{N^+}	
3.039E 02	1.294E 01	2.348E 01	1.539E 01	1.666E 00	1.000E 00	6.103E-04	5.501E-09	2000
4.200E 02	1.604E 01	2.604E 01	1.976E 01	1.805E 00	1.005E 00	1.040E-02	2.623E-07	2500
5.330E 02	1.814E 01	2.882E 01	2.369E 01	1.852E 00	1.019E 00	3.790E-02	1.906E-06	3000
6.470E 02	1.967E 01	3.165E 01	2.730E 01	1.868E 00	1.035E 00	7.530E-02	6.175E-06	3500
7.666E 02	2.087E 01	3.455E 01	3.074E 01	1.871E 00	1.063E 00	1.188E-01	1.420E-05	4000
9.120E 02	2.197E 01	3.796E 01	3.438E 01	1.875E 00	1.093E 00	1.706E-01	2.849E-05	4500
1.129E 03	2.317E 01	4.289E 01	3.886E 01	1.889E 00	1.136E 00	2.387E-01	5.733E-05	5000
1.466E 03	2.465E 01	4.959E 01	4.467E 01	1.928E 00	1.199E 00	3.319E-01	1.237E-04	5500
1.951E 03	2.639E 01	5.729E 01	5.177E 01	2.004E 00	1.291E 00	4.495E-01	2.843E-04	6000
2.622E 03	2.855E 01	6.456E 01	6.034E 01	2.141E 00	1.422E 00	5.921E-01	5.982E-04	6500
3.376E 03	3.096E 01	7.833E 01	6.950E 01	2.348E 00	1.566E 00	7.422E-01	1.534E-03	7000
4.028E 03	3.366E 01	9.659E 01	7.837E 01	2.633E 00	1.797E 00	8.757E-01	3.815E-03	7500
4.459E 03	3.794E 01	1.1944E 01	8.736E 01	3.054E 00	1.978E 00	9.537E-01	1.167E-02	8000
4.679E 03	4.462E 01	1.5045E 01	9.754E 01	3.603E 00	2.079E 00	9.194E-01	3.950E-02	8500
4.730E 03	4.897E 01	1.4481E 01	1.049E 02	3.972E 00	2.156E 00	8.546E-01	7.253E-02	9000
4.718E 03	5.154E 01	1.4124E 01	1.097E 02	4.205E 00	2.220E 00	8.017E-01	9.909E-02	9500
4.685E 03	5.315E 01	1.3881E 01	1.131E 02	4.356E 00	2.271E 00	7.610E-01	1.195E-01	10000
4.661E 03	5.439E 01	1.3702E 01	1.157E 02	4.470E 00	2.315E 00	7.279E-01	1.360E-01	10500
4.650E 03	5.554E 01	1.3552E 01	1.182E 02	4.576E 00	2.357E 00	6.969E-01	1.515E-01	11000
4.651E 03	5.668E 01	1.3416E 01	1.206E 02	4.685E 00	2.402E 00	6.653E-01	1.673E-01	11500
4.661E 03	5.783E 01	1.3288E 01	1.231E 02	4.801E 00	2.451E 00	6.320E-01	1.840E-01	12000
4.681E 03	5.906E 01	1.3161E 01	1.258E 02	4.934E 00	2.507E 00	5.953E-01	2.024E-01	12500
4.704E 03	6.045E 01	1.3026E 01	1.287E 02	5.092E 00	2.572E 00	5.553E-01	2.224E-01	13000
4.728E 03	6.196E 01	1.2885E 01	1.318E 02	5.275E 00	2.645E 00	5.124E-01	2.438E-01	13500
4.745E 03	6.352E 01	1.2739E 01	1.351E 02	5.479E 00	2.727E 00	4.670E-01	2.665E-01	14000
4.751E 03	6.512E 01	1.2589E 01	1.385E 02	5.703E 00	2.818E 00	4.196E-01	2.902E-01	14500
4.742E 03	6.689E 01	1.2429E 01	1.421E 02	5.965E 00	2.919E 00	3.705E-01	3.147E-01	15000
4.716E 03	6.882E 01	1.2262E 01	1.458E 02	6.266E 00	3.030E 00	3.202E-01	3.399E-01	15500
4.675E 03	7.097E 01	1.2091E 01	1.497E 02	6.613E 00	3.151E 00	2.695E-01	3.652E-01	16000
4.607E 03	7.323E 01	1.1923E 01	1.534E 02	6.986E 00	3.271E 00	2.228E-01	3.886E-01	16500
4.522E 03	7.561E 01	1.1763E 01	1.572E 02	7.386E 00	3.393E 00	1.789E-01	4.105E-01	17000
4.424E 03	7.837E 01	1.1607E 01	1.609E 02	7.837E 00	3.512E 00	1.390E-01	4.305E-01	17500
4.320E 03	8.139E 01	1.1465E 01	1.648E 02	8.318E 00	3.623E 00	1.040E-01	4.480E-01	18000
4.212E 03	8.488E 01	1.1333E 01	1.687E 02	8.846E 00	3.723E 00	7.433E-02	4.628E-01	18500
4.113E 03	8.900E 01	1.1214E 01	1.728E 02	9.427E 00	3.807E 00	5.073E-02	4.746E-01	19000
4.015E 03	9.380E 01	1.1066E 01	1.772E 02	1.006E 01	3.871E 00	3.326E-02	4.834E-01	19500
3.935E 03	9.926E 01	1.012E 01	1.818E 02	1.074E 01	3.916E 00	2.148E-02	4.893E-01	20000
3.869E 03	1.051E 02	9.331E 00	1.866E 02	1.144E 01	3.944E 00	1.413E-02	4.929E-01	20500
3.801E 03	1.109E 02	8.656E 00	1.912E 02	1.210E 01	3.962E 00	9.712E-03	4.951E-01	21000
3.737E 03	1.165E 02	8.078E 00	1.955E 02	1.274E 01	3.972E 00	6.965E-03	4.965E-01	21500
3.677E 03	1.215E 02	7.603E 00	1.994E 02	1.331E 01	3.979E 00	5.185E-03	4.974E-01	22000
3.618E 03	1.261E 02	7.200E 00	2.029E 02	1.383E 01	3.984E 00	3.947E-03	4.980E-01	22500
3.554E 03	1.303E 02	6.841E 00	2.061E 02	1.428E 01	3.988E 00	3.033E-03	4.985E-01	23000
3.500E 03	1.340E 02	6.542E 00	2.089E 02	1.470E 01	3.991E 00	2.351E-03	4.988E-01	23500
3.451E 03	1.375E 02	6.288E 00	2.115E 02	1.507E 01	3.992E 00	1.920E-03	4.990E-01	24000
3.401E 03	1.404E 02	6.065E 00	2.139E 02	1.539E 01	3.994E 00	1.595E-03	4.992E-01	24500
3.363E 03	1.435E 02	5.868E 00	2.161E 02	1.572E 01	3.995E 00	1.340E-03	4.993E-01	25000
3.305E 03	1.461E 02	5.667E 00	2.182E 02	1.600E 01	3.995E 00	1.137E-03	4.994E-01	25500
3.259E 03	1.488E 02	5.483E 00	2.201E 02	1.628E 01	3.996E 00	9.716E-04	4.995E-01	26000
3.220E 03	1.511E 02	5.333E 00	2.219E 02	1.652E 01	3.997E 00	8.426E-04	4.996E-01	26500
3.183E 03	1.534E 02	5.191E 00	2.236E 02	1.676E 01	3.997E 00	7.338E-04	4.996E-01	27000
3.139E 03	1.555E 02	5.049E 00	2.253E 02	1.698E 01	3.997E 00	6.426E-04	4.997E-01	27500
3.101E 03	1.576E 02	4.921E 00	2.268E 02	1.720E 01	3.998E 00	5.656E-04	4.997E-01	28000
3.063E 03	1.596E 02	4.802E 00	2.283E 02	1.739E 01	3.998E 00	5.006E-04	4.997E-01	28500
3.034E 03	1.616E 02	4.695E 00	2.298E 02	1.760E 01	3.998E 00	4.441E-04	4.998E-01	29000
2.993E 03	1.635E 02	4.578E 00	2.313E 02	1.779E 01	3.998E 00	3.946E-04	4.998E-01	29500
2.959E 03	1.653E 02	4.477E 00	2.327E 02	1.797E 01	3.999E 00	3.525E-04	4.998E-01	30000
2.932E 03	1.672E 02	4.385E 00	2.341E 02	1.816E 01	3.999E 00	3.152E-04	4.998E-01	30500
2.895E 03	1.690E 02	4.284E 00	2.354E 02	1.834E 01	3.999E 00	2.820E-04	4.999E-01	31000
2.863E 03	1.707E 02	4.195E 00	2.367E 02	1.850E 01	3.999E 00	2.534E-04	4.999E-01	31500
2.839E 03	1.725E 02	4.115E 00	2.381E 02	1.869E 01	3.999E 00	2.277E-04	4.999E-01	32000
2.805E 03	1.742E 02	4.026E 00	2.394E 02	1.885E 01	3.999E 00	2.047E-04	4.999E-01	32500
2.776E 03	1.758E 02	3.948E 00	2.406E 02	1.901E 01	3.999E 00	1.847E-04	4.999E-01	33000
2.753E 03	1.776E 02	3.876E 00	2.419E 02	1.919E 01	3.999E 00	1.666E-04	4.999E-01	33500
2.722E 03	1.792E 02	3.797E 00	2.432E 02	1.935E 01	3.999E 00	1.503E-04	4.999E-01	34000
2.696E 03	1.808E 02	3.727E 00	2.444E 02	1.951E 01	3.999E 00	1.360E-04	4.999E-01	34500
2.674E 03	1.826E 02	3.663E 00	2.457E 02	1.968E 01	4.000E 00	1.230E-04	4.999E-01	35000
2.646E 03	1.842E 02	3.592E 00	2.469E 02	1.984E 01	4.000E 00	1.112E-04	4.999E-01	35500
2.621E 03	1.857E 02	3.529E 00	2.481E 02	1.999E 01	4.000E 00	1.009E-04	4.999E-01	36000
2.601E 03	1.874E 02	3.470E 00	2.493E 02	2.016E 01	4.000E 00	9.146E-05	5.000E-01	36500
2.574E 03	1.890E 02	3.406E 00	2.505E 02	2.032E 01	4.000E 00	8.292E-05	5.000E-01	37000
2.551E 03	1.905E 02	3.349E 00	2.517E 02	2.046E 01	4.000E 00	7.536E-05	5.000E-01	37500
2.533E 03	1.922E 02	3.296E 00	2.529E 02	2.063E 01	4.000E 00	6.845E-05	5.000E-01	38000
2.508E 03	1.937E 02	3.237E 00	2.541E 02	2.078E 01	4.000E 00	6.218E-05	5.000E-01	38500
2.486E 03	1.952E 02	3.185E 00	2.553E 02	2.093E 01	4.000E 00	5.662E-05	5.000E-01	39000
2.469E 03	1.968E 02	3.136E 00	2.564E 02	2.110E 01	4.000E 00	5.152E-05	5.000E-01	39500
2.444E 03	1.982E 02	3.082E 00	2.575E 02	2.124E 01	4.000E 00	4.709E-05	5.000E-01	40000

TABLE II. - Continued. HYDRODYNAMIC

(e) Initial pressure,

Temperature, T_2 , $^{\circ}\text{K}$	Compress- ibility factor, Z_2	Mole fraction		Primary shock		Enthalpy ratio, h_2/h_1	Particle speed to initial sound speed, U_2/a_1	Mach number, M_2
		X_N	X_{N^+}	Pressure ratio, P_2/P_1	Density ratio, ρ_2/ρ_1			
2000	1.000E 00	4.326E-10	3.021E-16	4.011E 01	6.017E 00	7.516E 00	4.827E 00	5.789E 00
2500	1.000E 00	1.080E-07	1.248E-13	5.289E 01	6.347E 00	9.581E 00	5.588E 00	6.633E 00
3000	1.000E 00	5.165E-06	1.016E-11	6.576E 01	6.575E 00	1.166E 01	6.263E 00	7.386E 00
3500	1.000E 00	7.592E-05	2.593E-10	7.872E 01	6.747E 00	1.375E 01	6.876E 00	8.073E 00
4000	1.000E 00	5.341E-04	3.208E-09	9.188E 01	6.889E 00	1.587E 01	7.449E 00	8.714E 00
4500	1.001E 00	2.721E-03	2.893E-08	1.057E 02	7.036E 00	1.808E 01	8.009E 00	9.336E 00
5000	1.005E 00	9.783E-03	1.846E-07	1.211E 02	7.228E 00	2.052E 01	8.596E 00	9.976E 00
5500	1.013E 00	2.623E-02	8.764E-07	1.393E 02	7.500E 00	2.340E 01	9.253E 00	1.068E 01
6000	1.029E 00	5.625E-02	3.315E-06	1.616E 02	7.852E 00	2.686E 01	1.000E 01	1.146E 01
6500	1.057E 00	1.081E-01	1.116E-05	1.901E 02	8.298E 00	3.126E 01	1.090E 01	1.239E 01
7000	1.102E 00	1.849E-01	3.331E-05	2.253E 02	8.762E 00	3.670E 01	1.191E 01	1.345E 01
7500	1.166E 00	2.847E-01	8.961E-05	2.663E 02	9.133E 00	4.304E 01	1.299E 01	1.459E 01
8000	1.251E 00	4.007E-01	1.800E-04	3.107E 02	9.313E 00	4.999E 01	1.405E 01	1.574E 01
8500	1.355E 00	5.232E-01	4.218E-04	3.562E 02	9.276E 00	5.722E 01	1.505E 01	1.686E 01
9000	1.477E 00	6.434E-01	8.933E-04	3.997E 02	9.020E 00	6.427E 01	1.591E 01	1.790E 01
9500	1.614E 00	7.558E-01	1.737E-03	4.396E 02	8.601E 00	7.095E 01	1.664E 01	1.883E 01
10000	1.747E 00	8.460E-01	3.105E-03	4.729E 02	8.120E 00	7.672E 01	1.719E 01	1.961E 01
10500	1.855E 00	9.063E-01	5.134E-03	4.982E 02	7.674E 00	8.128E 01	1.757E 01	2.071E 01
11000	1.929E 00	9.395E-01	7.935E-03	5.172E 02	7.312E 00	8.483E 01	1.784E 01	2.067E 01
11500	1.977E 00	9.535E-01	1.159E-02	5.325E 02	7.027E 00	8.774E 01	1.805E 01	2.104E 01
12000	2.008E 00	9.556E-01	1.617E-02	5.460E 02	6.797E 00	9.031E 01	1.822E 01	2.136E 01
12500	2.032E 00	9.496E-01	2.203E-02	5.589E 02	6.602E 00	9.278E 01	1.839E 01	2.167E 01
13000	2.053E 00	9.383E-01	2.918E-02	5.719E 02	6.428E 00	9.524E 01	1.856E 01	2.197E 01
13500	2.075E 00	9.228E-01	3.770E-02	5.851E 02	6.267E 00	9.775E 01	1.873E 01	2.228E 01
14000	2.058E 00	9.036E-01	4.770E-02	5.987E 02	6.115E 00	1.003E 02	1.890E 01	2.259E 01
14500	2.125E 00	8.809E-01	5.928E-02	6.128E 02	5.967E 00	1.031E 02	1.907E 01	2.291E 01
15000	2.156E 00	8.546E-01	7.257E-02	6.275E 02	5.822E 00	1.059E 02	1.925E 01	2.324E 01
15500	2.192E 00	8.244E-01	8.774E-02	6.428E 02	5.676E 00	1.088E 02	1.943E 01	2.359E 01
16000	2.235E 00	7.899E-01	1.050E-01	6.587E 02	5.527E 00	1.120E 02	1.962E 01	2.395E 01
16500	2.280E 00	7.542E-01	1.229E-01	6.744E 02	5.378E 00	1.151E 02	1.979E 01	2.431E 01
17000	2.331E 00	7.159E-01	1.420E-01	6.902E 02	5.226E 00	1.183E 02	1.995E 01	2.467E 01
17500	2.387E 00	6.755E-01	1.622E-01	7.060E 02	5.070E 00	1.216E 02	2.011E 01	2.505E 01
18000	2.449E 00	6.335E-01	1.832E-01	7.216E 02	4.911E 00	1.249E 02	2.025E 01	2.542E 01
18500	2.515E 00	5.905E-01	2.048E-01	7.367E 02	4.750E 00	1.282E 02	2.037E 01	2.580E 01
19000	2.586E 00	5.470E-01	2.265E-01	7.512E 02	4.588E 00	1.315E 02	2.047E 01	2.618E 01
19500	2.666E 00	5.036E-01	2.482E-01	7.651E 02	4.424E 00	1.348E 02	2.055E 01	2.655E 01
20000	2.738E 00	4.611E-01	2.695E-01	7.780E 02	4.263E 00	1.380E 02	2.061E 01	2.693E 01
20500	2.817E 00	4.198E-01	2.901E-01	7.899E 02	4.103E 00	1.412E 02	2.064E 01	2.730E 01
21000	2.898E 00	3.803E-01	3.099E-01	8.009E 02	3.948E 00	1.442E 02	2.065E 01	2.766E 01
21500	2.979E 00	3.428E-01	3.286E-01	8.108E 02	3.788E 00	1.471E 02	2.064E 01	2.802E 01
22000	3.059E 00	3.077E-01	3.461E-01	8.197E 02	3.634E 00	1.500E 02	2.061E 01	2.837E 01
22500	3.137E 00	2.751E-01	3.625E-01	8.276E 02	3.518E 00	1.527E 02	2.056E 01	2.872E 01
23000	3.213E 00	2.451E-01	3.775E-01	8.346E 02	3.388E 00	1.552E 02	2.049E 01	2.906E 01
23500	3.285E 00	2.176E-01	3.912E-01	8.407E 02	3.267E 00	1.577E 02	2.040E 01	2.940E 01
24000	3.353E 00	1.928E-01	4.036E-01	8.462E 02	3.154E 00	1.600E 02	2.031E 01	2.973E 01
24500	3.419E 00	1.700E-01	4.150E-01	8.509E 02	3.048E 00	1.623E 02	2.020E 01	3.006E 01
25000	3.479E 00	1.496E-01	4.252E-01	8.552E 02	2.949E 00	1.644E 02	2.008E 01	3.038E 01
25500	3.535E 00	1.315E-01	4.342E-01	8.589E 02	2.858E 00	1.664E 02	1.996E 01	3.070E 01
26000	3.586E 00	1.156E-01	4.422E-01	8.622E 02	2.775E 00	1.684E 02	1.984E 01	3.101E 01
26500	3.631E 00	1.016E-01	4.492E-01	8.652E 02	2.697E 00	1.702E 02	1.971E 01	3.132E 01
27000	3.672E 00	8.937E-02	4.553E-01	8.679E 02	2.626E 00	1.720E 02	1.958E 01	3.162E 01
27500	3.708E 00	7.875E-02	4.606E-01	8.705E 02	2.561E 00	1.737E 02	1.946E 01	3.192E 01
28000	3.746E 00	6.954E-02	4.652E-01	8.729E 02	2.501E 00	1.754E 02	1.933E 01	3.221E 01
28500	3.768E 00	6.156E-02	4.692E-01	8.752E 02	2.445E 00	1.770E 02	1.921E 01	3.250E 01
29000	3.753E 00	5.465E-02	4.727E-01	8.774E 02	2.393E 00	1.785E 02	1.909E 01	3.279E 01
29500	3.814E 00	4.866E-02	4.757E-01	8.795E 02	2.345E 00	1.800E 02	1.897E 01	3.308E 01
30000	3.833E 00	4.346E-02	4.783E-01	8.817E 02	2.300E 00	1.815E 02	1.886E 01	3.336E 01
30500	3.850E 00	3.894E-02	4.805E-01	8.837E 02	2.258E 00	1.830E 02	1.874E 01	3.364E 01
31000	3.865E 00	3.500E-02	4.825E-01	8.858E 02	2.218E 00	1.844E 02	1.863E 01	3.392E 01
31500	3.878E 00	3.155E-02	4.842E-01	8.879E 02	2.181E 00	1.858E 02	1.852E 01	3.421E 01
32000	3.889E 00	2.853E-02	4.857E-01	8.899E 02	2.145E 00	1.872E 02	1.841E 01	3.449E 01
32500	3.899E 00	2.586E-02	4.871E-01	8.920E 02	2.112E 00	1.886E 02	1.830E 01	3.477E 01
33000	3.908E 00	2.351E-02	4.882E-01	8.940E 02	2.080E 00	1.899E 02	1.820E 01	3.505E 01
33500	3.916E 00	2.141E-02	4.893E-01	8.960E 02	2.049E 00	1.913E 02	1.809E 01	3.534E 01
34000	3.923E 00	1.954E-02	4.902E-01	8.981E 02	2.020E 00	1.926E 02	1.799E 01	3.562E 01
34500	3.930E 00	1.786E-02	4.911E-01	9.001E 02	1.992E 00	1.939E 02	1.788E 01	3.591E 01
35000	3.936E 00	1.634E-02	4.918E-01	9.022E 02	1.965E 00	1.953E 02	1.778E 01	3.621E 01
35500	3.941E 00	1.496E-02	4.925E-01	9.042E 02	1.939E 00	1.966E 02	1.768E 01	3.650E 01
36000	3.946E 00	1.371E-02	4.931E-01	9.063E 02	1.914E 00	1.979E 02	1.757E 01	3.680E 01
36500	3.950E 00	1.255E-02	4.937E-01	9.083E 02	1.890E 00	1.992E 02	1.747E 01	3.710E 01
37000	3.955E 00	1.148E-02	4.943E-01	9.104E 02	1.867E 00	2.005E 02	1.737E 01	3.741E 01
37500	3.958E 00	1.049E-02	4.948E-01	9.124E 02	1.844E 00	2.018E 02	1.726E 01	3.771E 01
38000	3.962E 00	9.566E-03	4.952E-01	9.144E 02	1.822E 00	2.031E 02	1.716E 01	3.803E 01
38500	3.965E 00	8.701E-03	4.956E-01	9.165E 02	1.801E 00	2.044E 02	1.705E 01	3.835E 01
39000	3.969E 00	7.889E-03	4.961E-01	9.185E 02	1.780E 00	2.057E 02	1.695E 01	3.867E 01
39500	3.972E 00	7.125E-03	4.964E-01	9.205E 02	1.760E 00	2.070E 02	1.684E 01	3.900E 01
40000	3.975E 00	6.394E-03	4.968E-01	9.223E 02	1.740E 00	2.082E 02	1.673E 01	3.933E 01

SHOCK VARIABLES FOR NITROGEN GAS

0.1 atmosphere

Ratio of reflected to initial shock pressure, P_5/P_1	Reflected shock temperature ratio, T_5/T_1	Reflected shock density ratio, ρ_5/ρ_1	Reflected shock enthalpy ratio, h_5/h_1	Reflected shock speed to initial sound speed, U_R/a_1	Compressibility factor, Z_5	Mole fraction		Temperature, T_2 , °K
						X_N	X_{N^+}	
3.041E 02	1.257E 01	2.344E 01	1.540E 01	1.670E 00	1.000E 00	1.982E-04	5.701E-10	2000
4.211E 02	1.638E 01	2.566E 01	1.990E 01	1.837E 00	1.002E 00	4.247E-03	3.840E-08	2500
5.376E 02	1.910E 01	2.786E 01	2.411E 01	1.936E 00	1.010E 00	2.031E-02	4.648E-07	3000
6.537E 02	2.116E 01	3.015E 01	2.798E 01	1.985E 00	1.025E 00	4.827E-02	2.210E-06	3500
7.710E 02	2.274E 01	3.247E 01	3.157E 01	2.009E 00	1.044E 00	8.439E-02	6.533E-06	4000
8.964E 02	2.409E 01	3.486E 01	3.508E 01	2.027E 00	1.067E 00	1.259E-01	1.517E-05	4500
1.046E 03	2.537E 01	3.766E 01	3.875E 01	2.046E 00	1.095E 00	1.739E-01	3.185E-05	5000
1.240E 03	2.672E 01	4.103E 01	4.290E 01	2.075E 00	1.131E 00	2.315E-01	5.343E-05	5500
1.494E 03	2.820E 01	4.504E 01	4.772E 01	2.117E 00	1.177E 00	2.998E-01	1.123E-04	6000
1.846E 03	2.990E 01	4.981E 01	5.353E 01	2.184E 00	1.239E 00	3.856E-01	2.412E-04	6500
2.298E 03	3.171E 01	5.470E 01	6.015E 01	2.278E 00	1.325E 00	4.891E-01	5.007E-04	7000
2.822E 03	3.358E 01	5.853E 01	6.720E 01	2.407E 00	1.436E 00	6.040E-01	9.781E-04	7500
3.353E 03	3.554E 01	6.010E 01	7.424E 01	2.580E 00	1.570E 00	7.206E-01	1.803E-03	8000
3.840E 03	3.770E 01	5.911E 01	8.109E 01	2.805E 00	1.723E 00	8.297E-01	3.235E-03	8500
4.214E 03	4.050E 01	5.528E 01	8.787E 01	3.105E 00	1.882E 00	9.191E-01	6.092E-03	9000
4.492E 03	4.581E 01	4.873E 01	9.629E 01	3.577E 00	2.012E 00	9.588E-01	1.575E-02	9500
4.646E 03	5.329E 01	4.177E 01	1.063E 02	4.159E 00	2.087E 00	9.147E-01	4.235E-02	10000
4.678E 03	5.840E 01	3.720E 01	1.136E 02	4.577E 00	2.154E 00	8.571E-01	7.143E-02	10500
4.664E 03	6.160E 01	3.427E 01	1.186E 02	4.853E 00	2.209E 00	8.105E-01	9.475E-02	11000
4.633E 03	6.369E 01	3.228E 01	1.220E 02	5.037E 00	2.253E 00	7.751E-01	1.124E-01	11500
4.601E 03	6.541E 01	3.070E 01	1.247E 02	5.187E 00	2.291E 00	7.463E-01	1.269E-01	12000
4.586E 03	6.671E 01	2.957E 01	1.270E 02	5.298E 00	2.324E 00	7.208E-01	1.396E-01	12500
4.577E 03	6.808E 01	2.850E 01	1.292E 02	5.418E 00	2.359E 00	6.959E-01	1.520E-01	13000
4.573E 03	6.939E 01	2.753E 01	1.313E 02	5.536E 00	2.394E 00	6.709E-01	1.645E-01	13500
4.568E 03	7.065E 01	2.659E 01	1.336E 02	5.652E 00	2.431E 00	6.451E-01	1.774E-01	14000
4.571E 03	7.211E 01	2.563E 01	1.359E 02	5.793E 00	2.473E 00	6.177E-01	1.911E-01	14500
4.576E 03	7.357E 01	2.471E 01	1.383E 02	5.940E 00	2.517E 00	5.889E-01	2.055E-01	15000
4.582E 03	7.512E 01	2.376E 01	1.409E 02	6.105E 00	2.567E 00	5.583E-01	2.209E-01	15500
4.586E 03	7.680E 01	2.278E 01	1.436E 02	6.291E 00	2.622E 00	5.256E-01	2.372E-01	16000
4.584E 03	7.848E 01	2.180E 01	1.463E 02	6.486E 00	2.680E 00	4.927E-01	2.536E-01	16500
4.579E 03	8.018E 01	2.083E 01	1.491E 02	6.694E 00	2.742E 00	4.590E-01	2.705E-01	17000
4.555E 03	8.200E 01	1.980E 01	1.520E 02	6.926E 00	2.808E 00	4.244E-01	2.878E-01	17500
4.533E 03	8.384E 01	1.878E 01	1.549E 02	7.173E 00	2.879E 00	3.894E-01	3.053E-01	18000
4.498E 03	8.574E 01	1.776E 01	1.578E 02	7.439E 00	2.953E 00	3.545E-01	3.228E-01	18500
4.452E 03	8.771E 01	1.675E 01	1.608E 02	7.723E 00	3.030E 00	3.200E-01	3.400E-01	19000
4.397E 03	8.975E 01	1.575E 01	1.638E 02	8.026E 00	3.110E 00	2.863E-01	3.568E-01	19500
4.333E 03	9.187E 01	1.479E 01	1.667E 02	8.347E 00	3.190E 00	2.540E-01	3.730E-01	20000
4.261E 03	9.407E 01	1.385E 01	1.697E 02	8.685E 00	3.270E 00	2.234E-01	3.883E-01	20500
4.184E 03	9.639E 01	1.296E 01	1.726E 02	9.041E 00	3.349E 00	1.946E-01	4.027E-01	21000
4.105E 03	9.878E 01	1.213E 01	1.756E 02	9.409E 00	3.425E 00	1.680E-01	4.160E-01	21500
4.021E 03	1.014E 02	1.133E 01	1.786E 02	9.806E 00	3.498E 00	1.436E-01	4.282E-01	22000
3.937E 03	1.042E 02	1.059E 01	1.816E 02	1.022E 01	3.566E 00	1.217E-01	4.392E-01	22500
3.854E 03	1.072E 02	9.908E 00	1.846E 02	1.064E 01	3.629E 00	1.023E-01	4.489E-01	23000
3.774E 03	1.104E 02	9.279E 00	1.877E 02	1.109E 01	3.686E 00	8.533E-02	4.573E-01	23500
3.704E 03	1.138E 02	8.717E 00	1.908E 02	1.155E 01	3.735E 00	7.082E-02	4.646E-01	24000
3.629E 03	1.173E 02	8.185E 00	1.940E 02	1.201E 01	3.780E 00	5.828E-02	4.709E-01	24500
3.557E 03	1.209E 02	7.704E 00	1.972E 02	1.249E 01	3.818E 00	4.769E-02	4.767E-01	25000
3.488E 03	1.245E 02	7.279E 00	2.003E 02	1.294E 01	3.850E 00	3.885E-02	4.806E-01	25500
3.417E 03	1.282E 02	6.872E 00	2.034E 02	1.341E 01	3.879E 00	3.128E-02	4.844E-01	26000
3.362E 03	1.316E 02	6.545E 00	2.063E 02	1.384E 01	3.902E 00	2.506E-02	4.875E-01	26500
3.305E 03	1.352E 02	6.233E 00	2.092E 02	1.428E 01	3.921E 00	2.004E-02	4.900E-01	27000
3.245E 03	1.388E 02	5.939E 00	2.120E 02	1.471E 01	3.936E 00	1.628E-02	4.919E-01	27500
3.188E 03	1.423E 02	5.694E 00	2.147E 02	1.511E 01	3.947E 00	1.334E-02	4.933E-01	28000
3.149E 03	1.456E 02	5.468E 00	2.173E 02	1.549E 01	3.957E 00	1.099E-02	4.945E-01	28500
3.106E 03	1.487E 02	5.268E 00	2.198E 02	1.586E 01	3.964E 00	9.131E-03	4.954E-01	29000
3.064E 03	1.518E 02	5.087E 00	2.221E 02	1.620E 01	3.970E 00	7.641E-03	4.962E-01	29500
3.023E 03	1.546E 02	4.919E 00	2.243E 02	1.652E 01	3.974E 00	6.439E-03	4.968E-01	30000
2.986E 03	1.574E 02	4.768E 00	2.265E 02	1.683E 01	3.978E 00	5.468E-03	4.973E-01	30500
2.949E 03	1.600E 02	4.629E 00	2.285E 02	1.712E 01	3.981E 00	4.674E-03	4.977E-01	31000
2.914E 03	1.626E 02	4.500E 00	2.304E 02	1.740E 01	3.984E 00	4.020E-03	4.980E-01	31500
2.881E 03	1.648E 02	4.386E 00	2.322E 02	1.763E 01	3.986E 00	3.489E-03	4.983E-01	32000
2.849E 03	1.672E 02	4.273E 00	2.340E 02	1.789E 01	3.988E 00	3.031E-03	4.985E-01	32500
2.818E 03	1.695E 02	4.167E 00	2.358E 02	1.815E 01	3.989E 00	2.643E-03	4.987E-01	33000
2.783E 03	1.717E 02	4.061E 00	2.374E 02	1.838E 01	3.991E 00	2.313E-03	4.988E-01	33500
2.757E 03	1.738E 02	3.974E 00	2.391E 02	1.860E 01	3.992E 00	2.040E-03	4.990E-01	34000
2.732E 03	1.760E 02	3.889E 00	2.407E 02	1.883E 01	3.993E 00	1.800E-03	4.991E-01	34500
2.701E 03	1.779E 02	3.801E 00	2.422E 02	1.904E 01	3.994E 00	1.592E-03	4.992E-01	35000
2.672E 03	1.800E 02	3.716E 00	2.437E 02	1.926E 01	3.994E 00	1.410E-03	4.993E-01	35500
2.648E 03	1.819E 02	3.644E 00	2.452E 02	1.945E 01	3.995E 00	1.256E-03	4.994E-01	36000
2.626E 03	1.838E 02	3.576E 00	2.466E 02	1.965E 01	3.996E 00	1.120E-03	4.994E-01	36500
2.597E 03	1.857E 02	3.500E 00	2.480E 02	1.985E 01	3.996E 00	9.990E-04	4.995E-01	37000
2.569E 03	1.875E 02	3.428E 00	2.494E 02	2.004E 01	3.996E 00	8.923E-04	4.996E-01	37500
2.549E 03	1.894E 02	3.368E 00	2.508E 02	2.023E 01	3.997E 00	7.999E-04	4.996E-01	38000
2.528E 03	1.915E 02	3.303E 00	2.523E 02	2.046E 01	3.997E 00	7.139E-04	4.996E-01	38500
2.501E 03	1.930E 02	3.241E 00	2.536E 02	2.061E 01	3.997E 00	6.426E-04	4.997E-01	39000
2.481E 03	1.947E 02	3.187E 00	2.549E 02	2.079E 01	3.998E 00	5.788E-04	4.997E-01	39500
2.459E 03	1.967E 02	3.128E 00	2.562E 02	2.100E 01	3.998E 00	5.212E-04	4.997E-01	40000

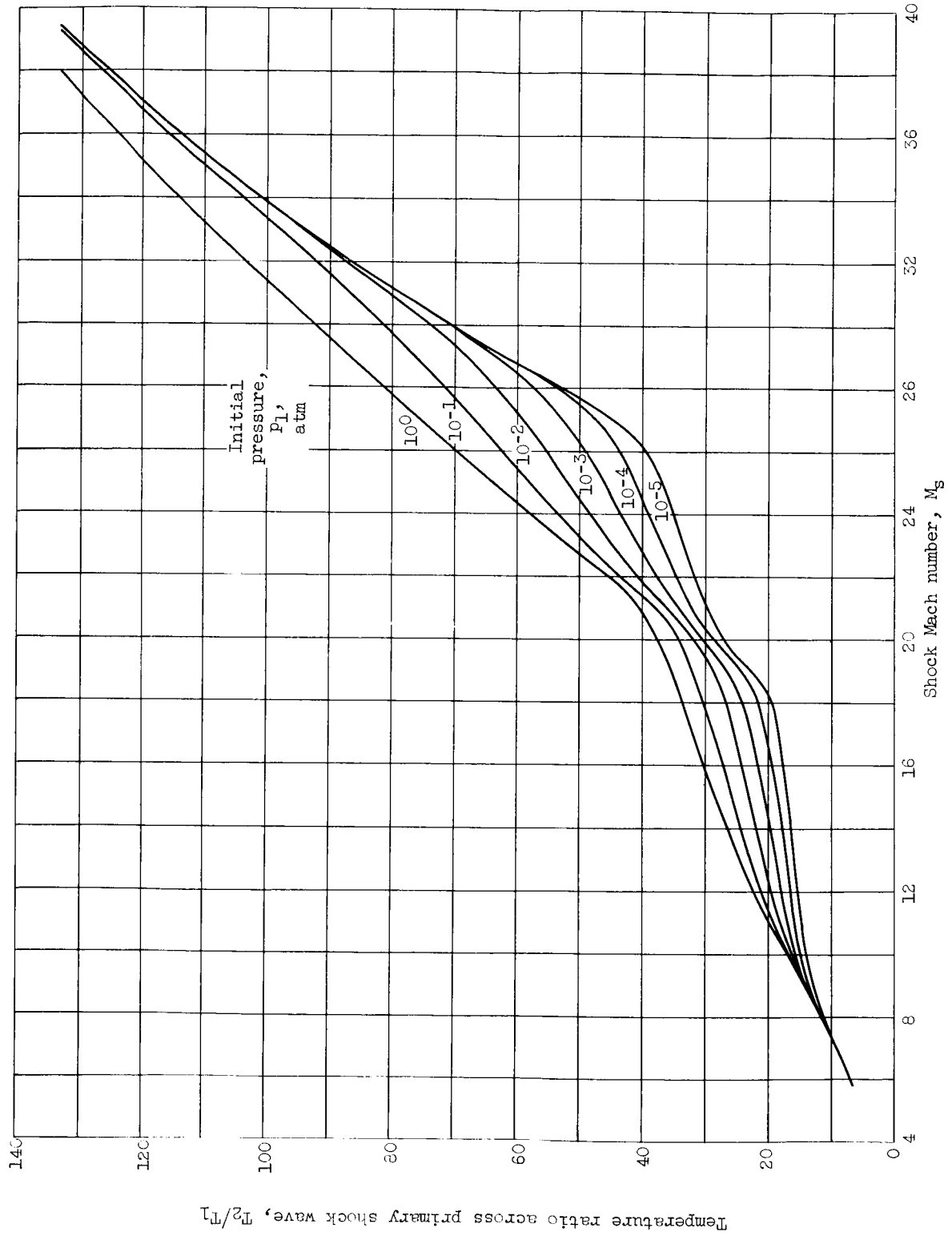
TABLE II. - Concluded. HYDRODYNAMIC
(f) Initial pressure,

Primary shock								
Temperature, T_2 , $^{\circ}\text{K}$	Compress- ibility factor, Z_2	Mole fraction		Pressure ratio, P_2/P_1	Density ratio, ρ_2/ρ_1	Enthalpy ratio, h_2/h_1	Particle speed to initial sound speed, U_2/a_1	Mach number, M_s
		X_N	X_{N+}					
2000	1.000E 00	1.368E-10	3.021E-17	4.011E 01	6.017E 00	7.516E 00	4.827E 00	5.789E 00
2500	1.000E 00	3.417E-08	1.248E-14	5.289E 01	6.347E 00	9.581E 00	5.588E 00	6.633E 00
3000	1.000E 00	1.633E-06	1.016E-12	6.575E 01	6.575E 00	1.166E 01	6.262E 00	7.386E 00
3500	1.000E 00	2.401E-05	2.593E-11	7.870E 01	6.746E 00	1.375E 01	6.875E 00	8.072E 00
4000	1.000E 00	1.690E-04	3.211E-10	9.176E 01	6.882E 00	1.585E 01	7.444E 00	8.709E 00
4500	1.000E 00	8.640E-04	2.915E-09	1.051E 02	7.002E 00	1.799E 01	7.983E 00	9.313E 00
5000	1.002E 00	3.131E-03	1.885E-08	1.190E 02	7.126E 00	2.022E 01	8.511E 00	9.900E 00
5500	1.004E 00	8.540E-03	9.204E-08	1.339E 02	7.270E 00	2.259E 01	9.047E 00	1.090E 01
6000	1.009E 00	1.881E-02	3.634E-07	1.502E 02	7.442E 00	2.519E 01	9.606E 00	1.110E 01
6500	1.019E 00	3.765E-02	1.302E-06	1.691E 02	7.660E 00	2.816E 01	1.022E 01	1.175E 01
7000	1.035E 00	6.787E-02	4.194E-06	1.912E 02	7.918E 00	3.161E 01	1.090E 01	1.247E 01
7500	1.059E 00	1.112E-01	1.226E-05	2.169E 02	8.152E 00	3.560E 01	1.163E 01	1.325E 01
8000	1.092E 00	1.679E-01	2.680E-05	2.459E 02	8.446E 00	4.013E 01	1.242E 01	1.409E 01
8500	1.135E 00	2.369E-01	6.823E-05	2.789E 02	8.675E 00	4.527E 01	1.325E 01	1.498E 01
9000	1.190E 00	3.182E-01	1.574E-04	3.146E 02	8.816E 00	5.088E 01	1.409E 01	1.590E 01
9500	1.263E 00	4.157E-01	3.364E-04	3.538E 02	8.845E 00	5.710E 01	1.495E 01	1.686E 01
10000	1.358E 00	5.256E-01	6.660E-04	3.950E 02	8.723E 00	6.373E 01	1.578E 01	1.783E 01
10500	1.474E 00	6.391E-01	1.221E-03	4.351E 02	8.436E 00	7.036E 01	1.653E 01	1.876E 01
11000	1.601E 00	7.446E-01	2.072E-03	4.713E 02	8.028E 00	7.655E 01	1.715E 01	1.959E 01
11500	1.725E 00	8.310E-01	3.267E-03	5.012E 02	7.578E 00	8.189E 01	1.761E 01	2.029E 01
12000	1.830E 00	8.925E-01	4.818E-03	5.244E 02	7.165E 00	8.621E 01	1.794E 01	2.084E 01
12500	1.906E 00	9.303E-01	6.824E-03	5.422E 02	6.827E 00	8.965E 01	1.817E 01	2.128E 01
13000	1.957E 00	9.504E-01	9.281E-03	5.565E 02	6.561E 00	9.246E 01	1.834E 01	2.164E 01
13500	1.991E 00	9.586E-01	1.223E-02	5.689E 02	6.350E 00	9.490E 01	1.849E 01	2.194E 01
14000	2.012E 00	9.587E-01	1.571E-02	5.801E 02	6.179E 00	9.712E 01	1.862E 01	2.221E 01
14500	2.030E 00	9.551E-01	1.983E-02	5.911E 02	6.025E 00	9.929E 01	1.875E 01	2.248E 01
15000	2.045E 00	9.480E-01	2.465E-02	6.020E 02	5.888E 00	1.014E 02	1.888E 01	2.274E 01
15500	2.059E 00	9.380E-01	3.029E-02	6.129E 02	5.761E 00	1.036E 02	1.901E 01	2.300E 01
16000	2.075E 00	9.254E-01	3.692E-02	6.242E 02	5.640E 00	1.058E 02	1.914E 01	2.326E 01
16500	2.091E 00	9.116E-01	4.400E-02	6.354E 02	5.524E 00	1.080E 02	1.926E 01	2.352E 01
17000	2.109E 00	8.960E-01	5.190E-02	6.468E 02	5.412E 00	1.103E 02	1.939E 01	2.379E 01
17500	2.129E 00	8.787E-01	6.059E-02	6.583E 02	5.302E 00	1.126E 02	1.952E 01	2.406E 01
18000	2.151E 00	8.598E-01	7.005E-02	6.700E 02	5.193E 00	1.150E 02	1.964E 01	2.433E 01
18500	2.174E 00	8.395E-01	8.025E-02	6.818E 02	5.085E 00	1.174E 02	1.976E 01	2.460E 01
19000	2.201E 00	8.177E-01	9.114E-02	6.936E 02	4.977E 00	1.198E 02	1.988E 01	2.488E 01
19500	2.229E 00	7.947E-01	1.026E-01	7.054E 02	4.869E 00	1.223E 02	2.000E 01	2.516E 01
20000	2.259E 00	7.706E-01	1.147E-01	7.171E 02	4.761E 00	1.248E 02	2.010E 01	2.545E 01
20500	2.292E 00	7.455E-01	1.273E-01	7.287E 02	4.653E 00	1.273E 02	2.020E 01	2.573E 01
21000	2.326E 00	7.196E-01	1.402E-01	7.401E 02	4.545E 00	1.298E 02	2.029E 01	2.602E 01
21500	2.363E 00	6.931E-01	1.535E-01	7.513E 02	4.438E 00	1.323E 02	2.038E 01	2.630E 01
22000	2.401E 00	6.659E-01	1.670E-01	7.624E 02	4.330E 00	1.349E 02	2.045E 01	2.659E 01
22500	2.441E 00	6.385E-01	1.807E-01	7.732E 02	4.223E 00	1.374E 02	2.052E 01	2.688E 01
23000	2.483E 00	6.109E-01	1.946E-01	7.836E 02	4.116E 00	1.400E 02	2.057E 01	2.717E 01
23500	2.527E 00	5.831E-01	2.084E-01	7.938E 02	4.011E 00	1.425E 02	2.062E 01	2.747E 01
24000	2.572E 00	5.554E-01	2.223E-01	8.036E 02	3.906E 00	1.450E 02	2.065E 01	2.776E 01
24500	2.619E 00	5.272E-01	2.364E-01	8.130E 02	3.801E 00	1.475E 02	2.067E 01	2.806E 01
25000	2.668E 00	4.991E-01	2.505E-01	8.221E 02	3.697E 00	1.500E 02	2.068E 01	2.835E 01
25500	2.719E 00	4.713E-01	2.643E-01	8.307E 02	3.595E 00	1.525E 02	2.068E 01	2.865E 01
26000	2.772E 00	4.441E-01	2.779E-01	8.388E 02	3.494E 00	1.549E 02	2.067E 01	2.895E 01
26500	2.822E 00	4.176E-01	2.912E-01	8.465E 02	3.396E 00	1.573E 02	2.064E 01	2.926E 01
27000	2.874E 00	3.919E-01	3.040E-01	8.536E 02	3.301E 00	1.597E 02	2.060E 01	2.956E 01
27500	2.926E 00	3.672E-01	3.164E-01	8.603E 02	3.208E 00	1.620E 02	2.055E 01	2.986E 01
28000	2.977E 00	3.436E-01	3.282E-01	8.664E 02	3.118E 00	1.643E 02	2.049E 01	3.017E 01
28500	3.028E 00	3.211E-01	3.394E-01	8.721E 02	3.032E 00	1.665E 02	2.042E 01	3.047E 01
29000	3.077E 00	2.998E-01	3.501E-01	8.774E 02	2.949E 00	1.686E 02	2.034E 01	3.077E 01
29500	3.126E 00	2.798E-01	3.601E-01	8.822E 02	2.870E 00	1.707E 02	2.025E 01	3.108E 01
30000	3.172E 00	2.609E-01	3.695E-01	8.866E 02	2.795E 00	1.728E 02	2.016E 01	3.139E 01
30500	3.217E 00	2.433E-01	3.783E-01	8.907E 02	2.723E 00	1.748E 02	2.005E 01	3.169E 01
31000	3.260E 00	2.268E-01	3.866E-01	8.945E 02	2.655E 00	1.767E 02	1.995E 01	3.200E 01
31500	3.302E 00	2.115E-01	3.942E-01	8.979E 02	2.590E 00	1.786E 02	1.983E 01	3.230E 01
32000	3.341E 00	1.972E-01	4.014E-01	9.012E 02	2.529E 00	1.805E 02	1.972E 01	3.261E 01
32500	3.378E 00	1.840E-01	4.080E-01	9.041E 02	2.470E 00	1.822E 02	1.959E 01	3.292E 01
33000	3.414E 00	1.716E-01	4.142E-01	9.069E 02	2.415E 00	1.840E 02	1.947E 01	3.323E 01
33500	3.448E 00	1.601E-01	4.199E-01	9.096E 02	2.362E 00	1.857E 02	1.935E 01	3.355E 01
34000	3.480E 00	1.494E-01	4.253E-01	9.120E 02	2.312E 00	1.874E 02	1.922E 01	3.386E 01
34500	3.511E 00	1.393E-01	4.303E-01	9.144E 02	2.265E 00	1.891E 02	1.909E 01	3.418E 01
35000	3.540E 00	1.299E-01	4.350E-01	9.166E 02	2.219E 00	1.907E 02	1.896E 01	3.450E 01
35500	3.568E 00	1.211E-01	4.395E-01	9.188E 02	2.176E 00	1.924E 02	1.882E 01	3.483E 01
36000	3.595E 00	1.127E-01	4.436E-01	9.208E 02	2.135E 00	1.940E 02	1.869E 01	3.516E 01
36500	3.621E 00	1.048E-01	4.476E-01	9.228E 02	2.095E 00	1.955E 02	1.855E 01	3.549E 01
37000	3.645E 00	9.726E-02	4.514E-01	9.246E 02	2.057E 00	1.971E 02	1.841E 01	3.584E 01
37500	3.669E 00	9.007E-02	4.550E-01	9.264E 02	2.020E 00	1.987E 02	1.827E 01	3.618E 01
38000	3.693E 00	8.302E-02	4.584E-01	9.281E 02	1.984E 00	2.002E 02	1.812E 01	3.654E 01
38500	3.715E 00	7.660E-02	4.617E-01	9.298E 02	1.950E 00	2.017E 02	1.798E 01	3.690E 01
39000	3.737E 00	7.025E-02	4.649E-01	9.313E 02	1.917E 00	2.032E 02	1.783E 01	3.727E 01
39500	3.759E 00	6.414E-02	4.679E-01	9.328E 02	1.885E 00	2.047E 02	1.768E 01	3.765E 01
40000	3.780E 00	5.818E-02	4.709E-01	9.340E 02	1.853E 00	2.062E 02	1.752E 01	3.805E 01

SHOCK VARIABLES FOR NITROGEN GAS

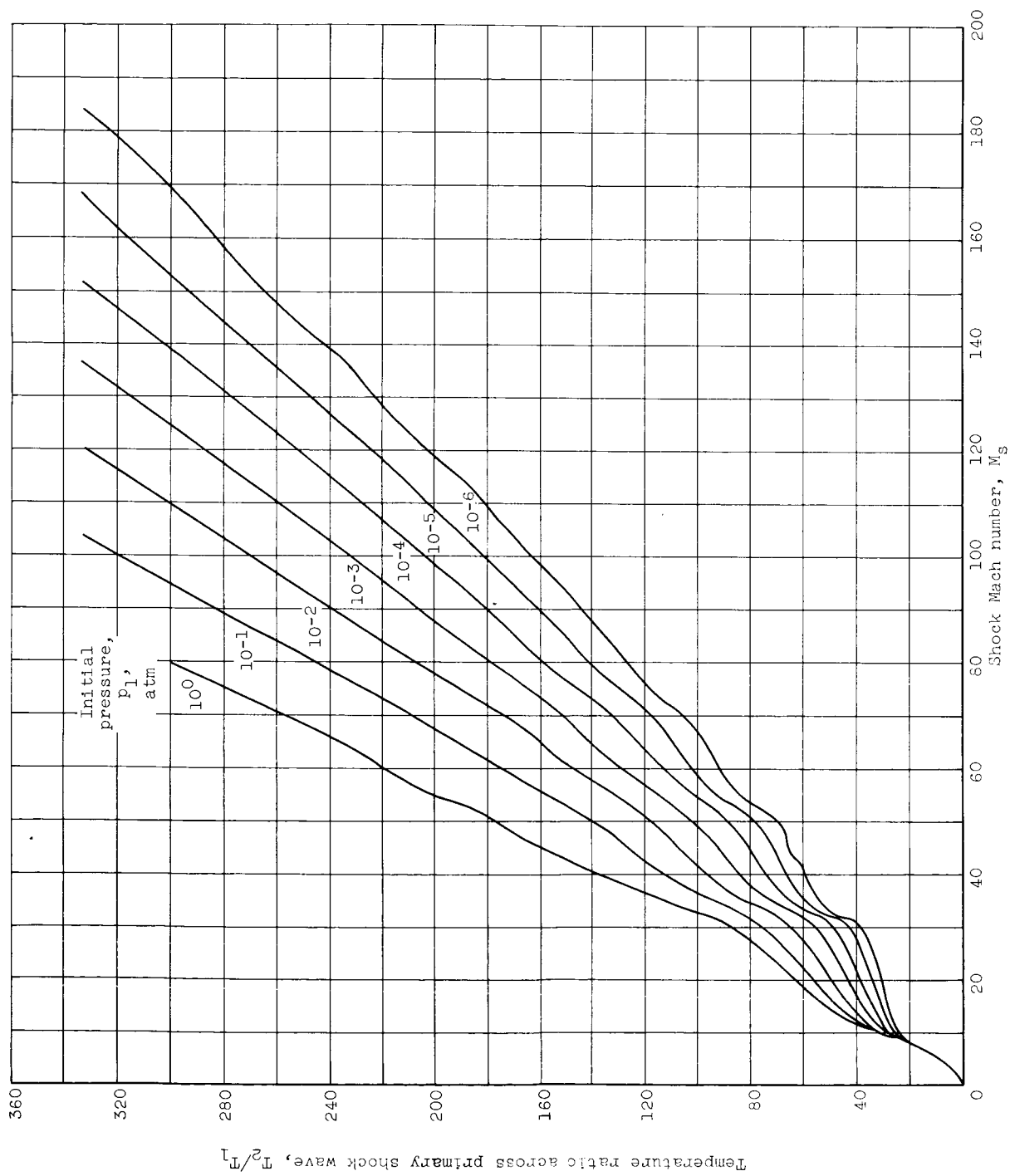
1 atmosphere

Ratio of reflected to initial shock pressure, P_5/P_1	Reflected shock temperature ratio, T_5/T_1	Reflected shock density ratio, P_5/P_1	Reflected shock enthalpy ratio, h_5/h_1	Reflected shock speed to initial sound speed, U_R/a_1	Compressibility factor, Z_5	Mole fraction		Temperature, T_2 , $^{\circ}\text{K}$
						X_N	X_{N^+}	
3.041E 02	1.298E 01	2.342E 01	1.540E 01	1.671E 00	1.000E 00	6.324E-05	5.768E-11	2000
4.221E 02	1.653E 01	2.552E 01	1.996E 01	1.852E 00	1.001E 00	1.498E-03	4.528E-09	2500
5.410E 02	1.970E 01	2.734E 01	2.437E 01	1.986E 00	1.004E 00	8.731E-03	7.979E-08	3000
6.593E 02	2.238E 01	2.908E 01	2.855E 01	2.078E 00	1.013E 00	2.578E-02	5.939E-07	3500
7.782E 02	2.452E 01	3.091E 01	3.244E 01	2.135E 00	1.027E 00	5.174E-02	2.503E-06	4000
8.989E 02	2.634E 01	3.270E 01	3.613E 01	2.176E 00	1.044E 00	8.363E-02	7.556E-06	4500
1.028E 03	2.791E 01	3.463E 01	3.975E 01	2.207E 00	1.063E 00	1.186E-01	1.512E-05	5000
1.171E 03	2.939E 01	3.670E 01	4.344E 01	2.236E 00	1.086E 00	1.578E-01	3.249E-05	5500
1.338E 03	3.079E 01	3.907E 01	4.727E 01	2.266E 00	1.113E 00	2.024E-01	6.348E-05	6000
1.514E 03	3.220E 01	4.173E 01	5.144E 01	2.303E 00	1.147E 00	2.560E-01	1.174E-04	6500
1.791E 03	3.365E 01	4.471E 01	5.604E 01	2.351E 00	1.191E 00	3.197E-01	2.087E-04	7000
2.091E 03	3.515E 01	4.776E 01	6.103E 01	2.415E 00	1.246E 00	3.935E-01	3.569E-04	7500
2.434E 03	3.668E 01	5.052E 01	6.629E 01	2.498E 00	1.314E 00	4.757E-01	5.840E-04	8000
2.829E 03	3.825E 01	5.293E 01	7.179E 01	2.603E 00	1.397E 00	5.656E-01	9.222E-04	8500
3.240E 03	3.993E 01	5.423E 01	7.734E 01	2.741E 00	1.496E 00	6.591E-01	1.403E-03	9000
3.660E 03	4.170E 01	5.430E 01	8.308E 01	2.917E 00	1.617E 00	7.563E-01	2.155E-03	9500
4.046E 03	4.388E 01	5.246E 01	8.897E 01	3.156E 00	1.757E 00	8.518E-01	3.386E-03	10000
4.348E 03	4.716E 01	4.843E 01	9.534E 01	3.499E 00	1.904E 00	9.318E-01	5.927E-03	10500
4.550E 03	5.331E 01	4.232E 01	1.036E 02	4.023E 00	2.017E 00	9.666E-01	1.393E-02	11000
4.664E 03	6.245E 01	3.606E 01	1.141E 02	4.692E 00	2.071E 00	9.305E-01	3.466E-02	11500
4.687E 03	6.921E 01	3.189E 01	1.222E 02	5.208E 00	2.124E 00	8.834E-01	5.830E-02	12000
4.662E 03	7.379E 01	2.911E 01	1.278E 02	5.574E 00	2.170E 00	8.432E-01	7.838E-02	12500
4.629E 03	7.695E 01	2.725E 01	1.318E 02	5.831E 00	2.208E 00	8.119E-01	9.403E-02	13000
4.593E 03	7.935E 01	2.586E 01	1.348E 02	6.023E 00	2.238E 00	7.870E-01	1.065E-01	13500
4.567E 03	8.116E 01	2.485E 01	1.372E 02	6.165E 00	2.264E 00	7.665E-01	1.167E-01	14000
4.549E 03	8.276E 01	2.401E 01	1.394E 02	6.291E 00	2.289E 00	7.472E-01	1.264E-01	14500
4.534E 03	8.430E 01	2.324E 01	1.414E 02	6.412E 00	2.314E 00	7.287E-01	1.357E-01	15000
4.524E 03	8.576E 01	2.256E 01	1.434E 02	6.528E 00	2.339E 00	7.103E-01	1.448E-01	15500
4.522E 03	8.726E 01	2.191E 01	1.454E 02	6.649E 00	2.365E 00	6.915E-01	1.543E-01	16000
4.512E 03	8.881E 01	2.124E 01	1.474E 02	6.778E 00	2.392E 00	6.724E-01	1.638E-01	16500
4.512E 03	9.037E 01	2.063E 01	1.494E 02	6.911E 00	2.420E 00	6.530E-01	1.735E-01	17000
4.509E 03	9.196E 01	2.002E 01	1.515E 02	7.050E 00	2.450E 00	6.329E-01	1.836E-01	17500
4.505E 03	9.358E 01	1.940E 01	1.536E 02	7.197E 00	2.481E 00	6.123E-01	1.939E-01	18000
4.493E 03	9.512E 01	1.879E 01	1.557E 02	7.342E 00	2.514E 00	5.912E-01	2.044E-01	18500
4.484E 03	9.685E 01	1.817E 01	1.579E 02	7.508E 00	2.548E 00	5.696E-01	2.152E-01	19000
4.474E 03	9.853E 01	1.757E 01	1.602E 02	7.675E 00	2.584E 00	5.478E-01	2.261E-01	19500
4.468E 03	1.004E 02	1.697E 01	1.625E 02	7.863E 00	2.622E 00	5.256E-01	2.372E-01	20000
4.443E 03	1.021E 02	1.635E 01	1.648E 02	8.044E 00	2.661E 00	5.034E-01	2.483E-01	20500
4.422E 03	1.041E 02	1.573E 01	1.671E 02	8.250E 00	2.701E 00	4.810E-01	2.595E-01	21000
4.398E 03	1.059E 02	1.515E 01	1.695E 02	8.453E 00	2.742E 00	4.587E-01	2.707E-01	21500
4.371E 03	1.079E 02	1.455E 01	1.718E 02	8.674E 00	2.785E 00	4.363E-01	2.819E-01	22000
4.342E 03	1.098E 02	1.398E 01	1.742E 02	8.902E 00	2.829E 00	4.142E-01	2.929E-01	22500
4.305E 03	1.118E 02	1.340E 01	1.766E 02	9.136E 00	2.873E 00	3.921E-01	3.039E-01	23000
4.268E 03	1.138E 02	1.285E 01	1.790E 02	9.376E 00	2.918E 00	3.707E-01	3.146E-01	23500
4.221E 03	1.158E 02	1.229E 01	1.814E 02	9.631E 00	2.964E 00	3.493E-01	3.253E-01	24000
4.176E 03	1.179E 02	1.176E 01	1.839E 02	9.893E 00	3.012E 00	3.281E-01	3.360E-01	24500
4.123E 03	1.200E 02	1.123E 01	1.863E 02	1.017E 01	3.060E 00	3.070E-01	3.465E-01	25000
4.072E 03	1.220E 02	1.074E 01	1.887E 02	1.044E 01	3.109E 00	2.866E-01	3.567E-01	25500
4.012E 03	1.241E 02	1.023E 01	1.910E 02	1.073E 01	3.159E 00	2.663E-01	3.668E-01	26000
3.956E 03	1.261E 02	9.774E 00	1.933E 02	1.102E 01	3.208E 00	2.468E-01	3.766E-01	26500
3.899E 03	1.280E 02	9.326E 00	1.955E 02	1.130E 01	3.258E 00	2.278E-01	3.861E-01	27000
3.830E 03	1.299E 02	8.911E 00	1.977E 02	1.159E 01	3.307E 00	2.095E-01	3.953E-01	27500
3.760E 03	1.317E 02	8.506E 00	1.998E 02	1.187E 01	3.356E 00	1.919E-01	4.041E-01	28000
3.696E 03	1.335E 02	8.132E 00	2.018E 02	1.216E 01	3.405E 00	1.749E-01	4.126E-01	28500
3.630E 03	1.354E 02	7.771E 00	2.039E 02	1.246E 01	3.449E 00	1.597E-01	4.201E-01	29000
3.567E 03	1.375E 02	7.427E 00	2.059E 02	1.277E 01	3.492E 00	1.454E-01	4.273E-01	29500
3.504E 03	1.394E 02	7.113E 00	2.079E 02	1.305E 01	3.533E 00	1.321E-01	4.339E-01	30000
3.447E 03	1.413E 02	6.828E 00	2.099E 02	1.334E 01	3.572E 00	1.198E-01	4.401E-01	30500
3.382E 03	1.433E 02	6.541E 00	2.119E 02	1.364E 01	3.609E 00	1.083E-01	4.458E-01	31000
3.324E 03	1.453E 02	6.278E 00	2.138E 02	1.394E 01	3.644E 00	9.769E-02	4.512E-01	31500
3.272E 03	1.473E 02	6.043E 00	2.157E 02	1.423E 01	3.677E 00	8.798E-02	4.560E-01	32000
3.213E 03	1.494E 02	5.802E 00	2.175E 02	1.453E 01	3.707E 00	7.992E-02	4.605E-01	32500
3.164E 03	1.512E 02	5.600E 00	2.194E 02	1.480E 01	3.735E 00	7.081E-02	4.646E-01	33000
3.110E 03	1.534E 02	5.388E 00	2.212E 02	1.510E 01	3.762E 00	6.319E-02	4.684E-01	33500
3.064E 03	1.554E 02	5.210E 00	2.230E 02	1.537E 01	3.786E 00	5.640E-02	4.718E-01	34000
3.014E 03	1.575E 02	5.023E 00	2.248E 02	1.567E 01	3.809E 00	5.005E-02	4.750E-01	34500
2.972E 03	1.596E 02	4.863E 00	2.267E 02	1.594E 01	3.830E 00	4.441E-02	4.778E-01	35000
2.922E 03	1.619E 02	4.690E 00	2.285E 02	1.624E 01	3.845E 00	3.914E-02	4.804E-01	35500
2.882E 03	1.641E 02	4.543E 00	2.304E 02	1.653E 01	3.867E 00	3.447E-02	4.828E-01	36000
2.846E 03	1.663E 02	4.409E 00	2.322E 02	1.681E 01	3.882E 00	3.028E-02	4.849E-01	36500
2.802E 03	1.686E 02	4.263E 00	2.341E 02	1.712E 01	3.897E 00	2.641E-02	4.868E-01	37000
2.769E 03	1.710E 02	4.142E 00	2.361E 02	1.741E 01	3.910E 00	2.304E-02	4.885E-01	37500
2.732E 03	1.734E 02	4.017E 00	2.380E 02	1.771E 01	3.922E 00	1.998E-02	4.900E-01	38000
2.696E 03	1.759E 02	3.898E 00	2.400E 02	1.802E 01	3.932E 00	1.727E-02	4.914E-01	38500
2.655E 03	1.785E 02	3.773E 00	2.421E 02	1.834E 01	3.942E 00	1.483E-02	4.926E-01	39000
2.622E 03	1.811E 02	3.666E 00	2.441E 02	1.866E 01	3.950E 00	1.273E-02	4.936E-01	39500
2.587E 03	1.837E 02	3.560E 00	2.461E 02	1.898E 01	3.957E 00	1.093E-02	4.945E-01	40000



(a) Nitrogen.

Figure 1. - Temperature ratio across primary shock wave as function of primary Mach number.



(b) Argon.

Figure 1. - Concluded.

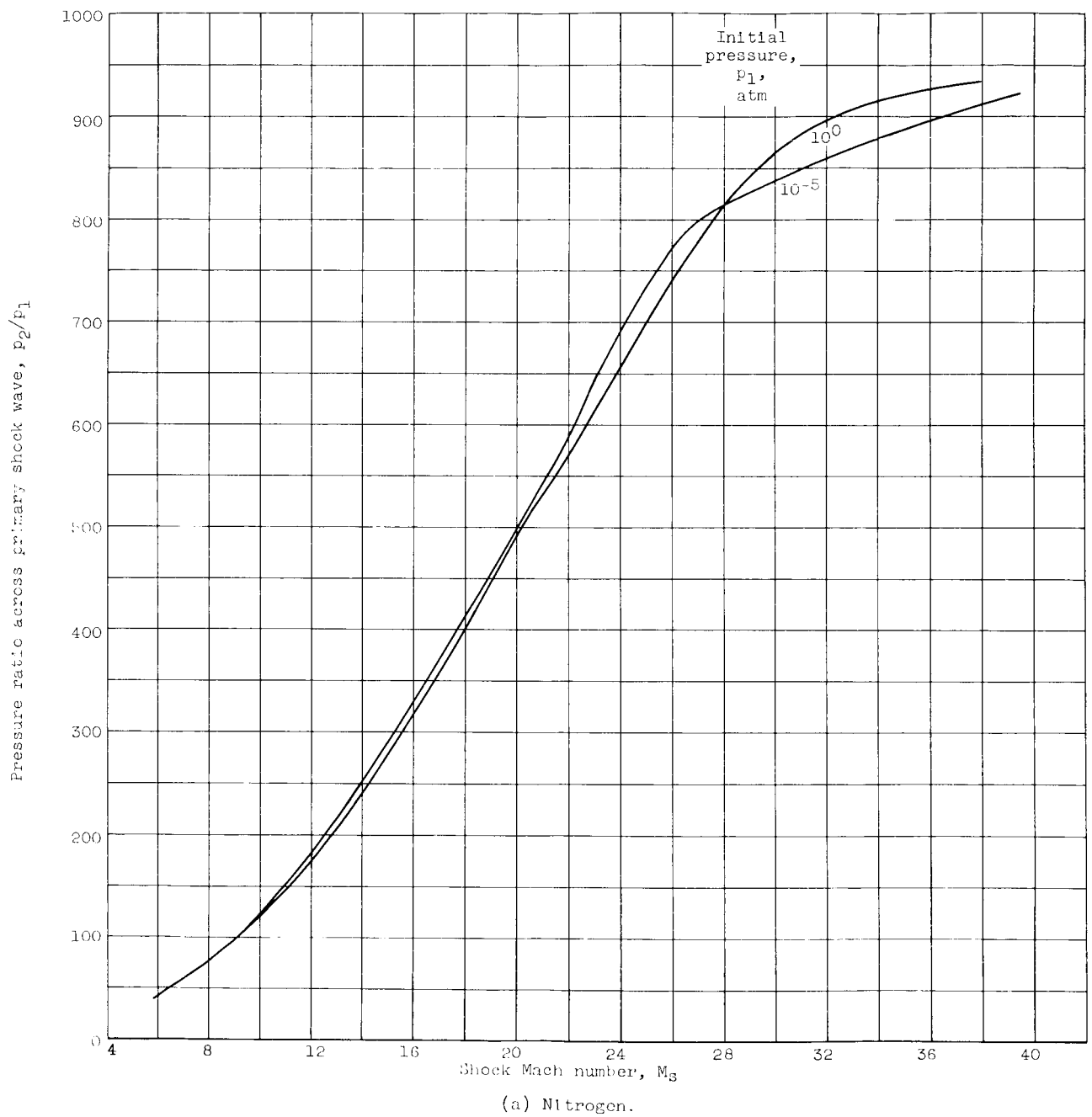
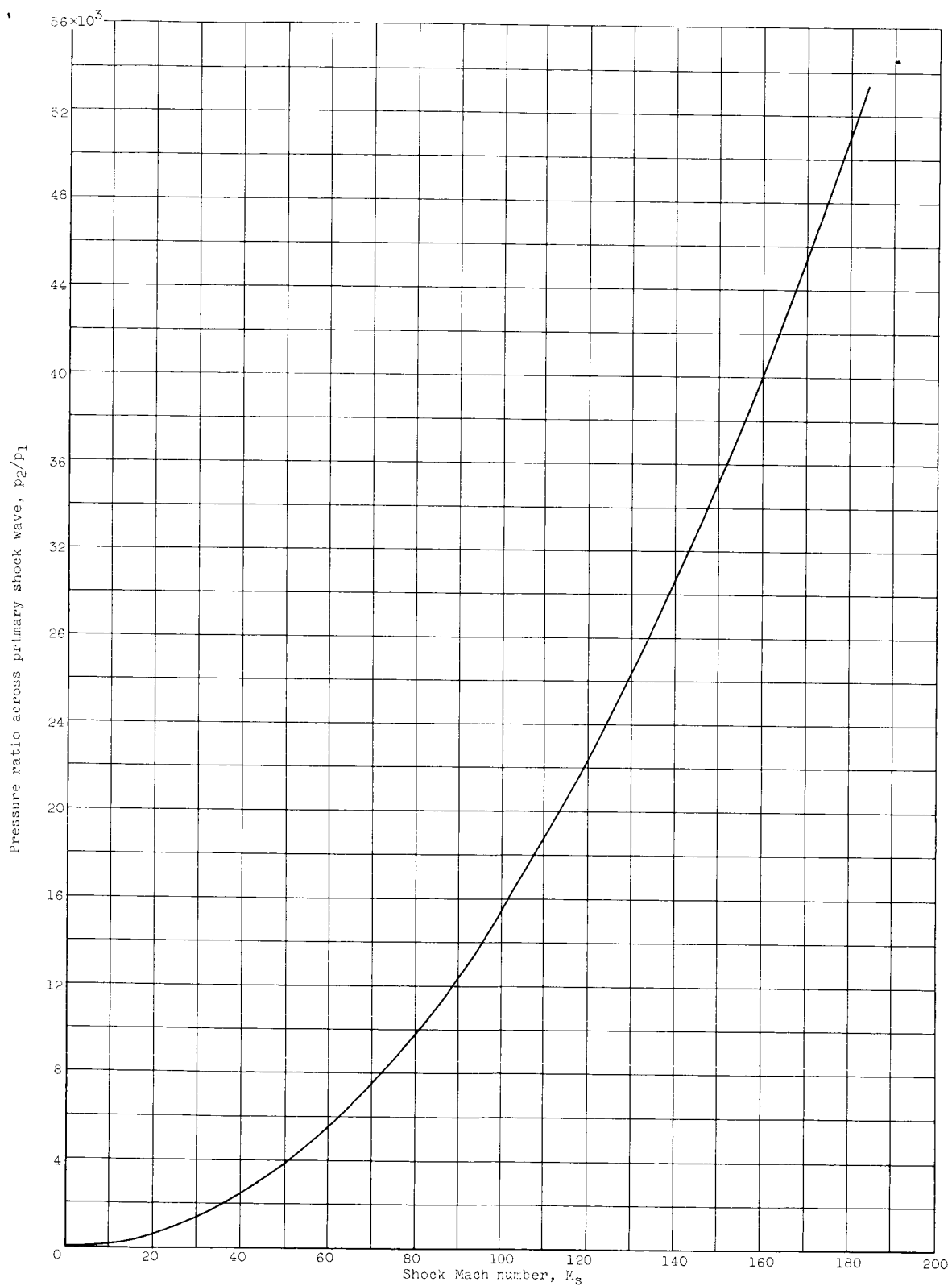
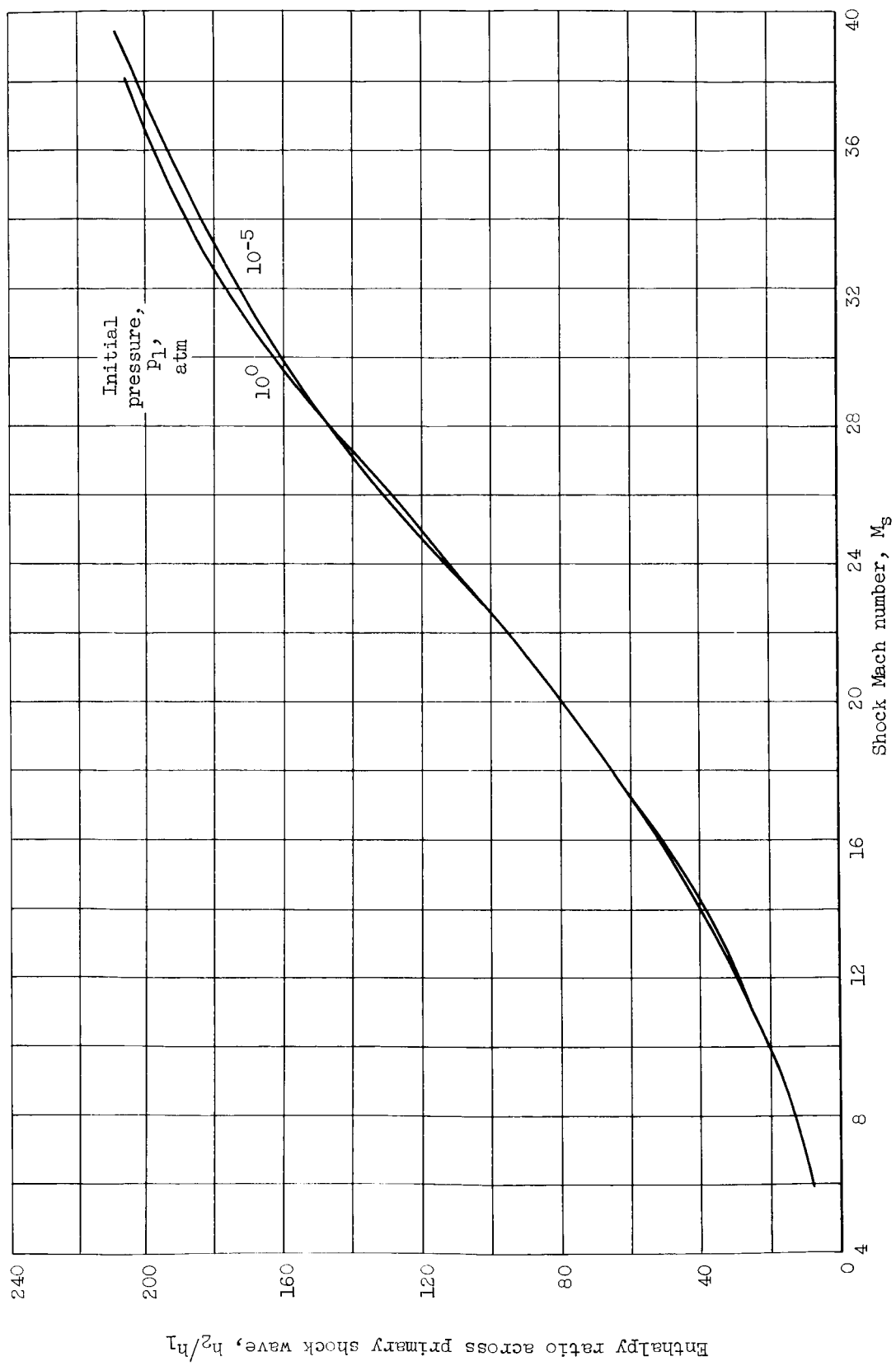


Figure 2. - Pressure ratio across primary shock wave as function of primary shock Mach number.



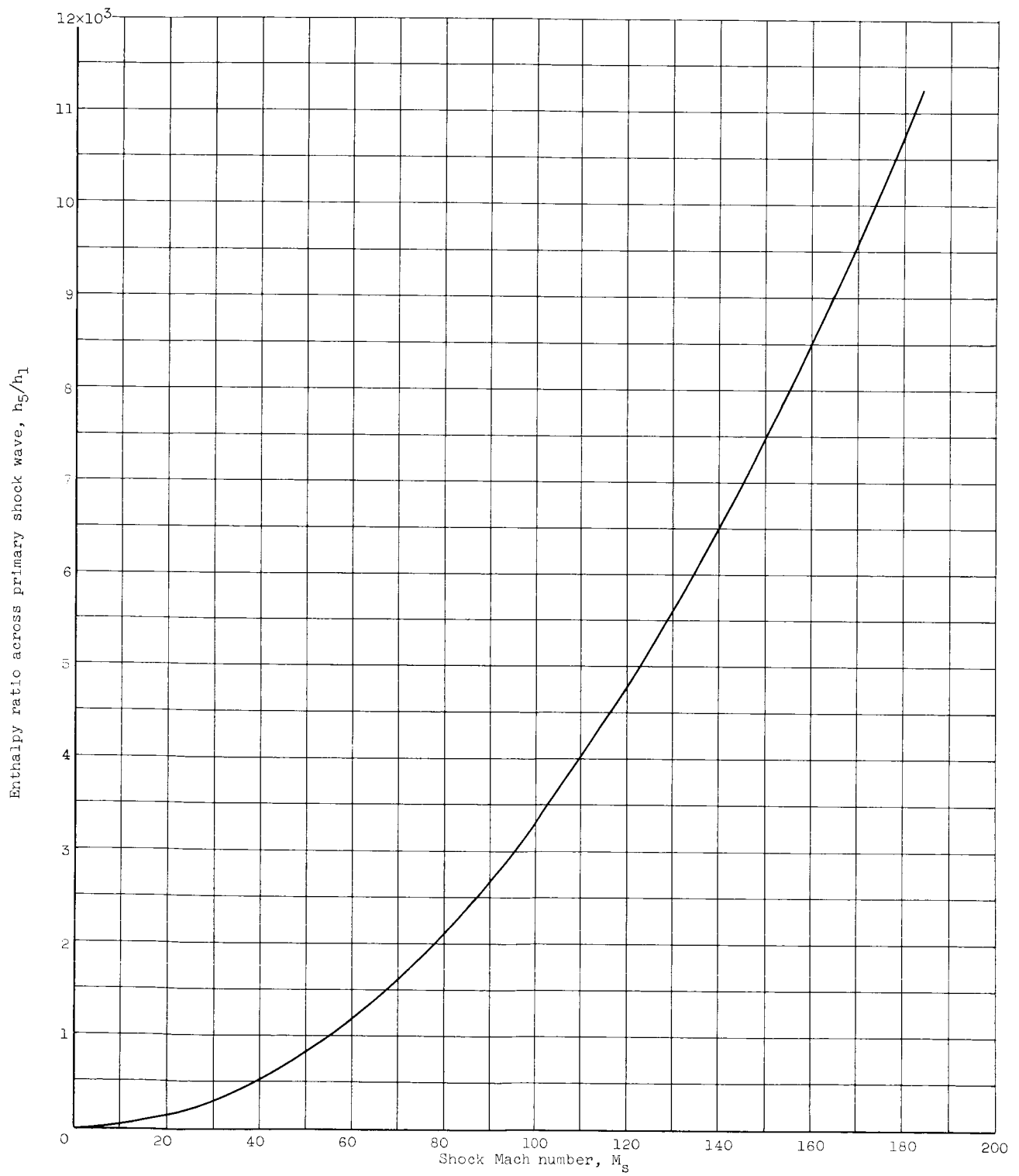
(b) Argon. Initial pressure, 10^{-6} to 10^0 atmosphere.

Figure 2. - Concluded.



(a) Nitrogen.

Figure 3. - Enthalpy ratio across primary shock wave as function of primary shock Mach number.



(b) Argon. Initial pressure, 10^{-6} to 10^0 atmosphere.

Figure 3. - Concluded.

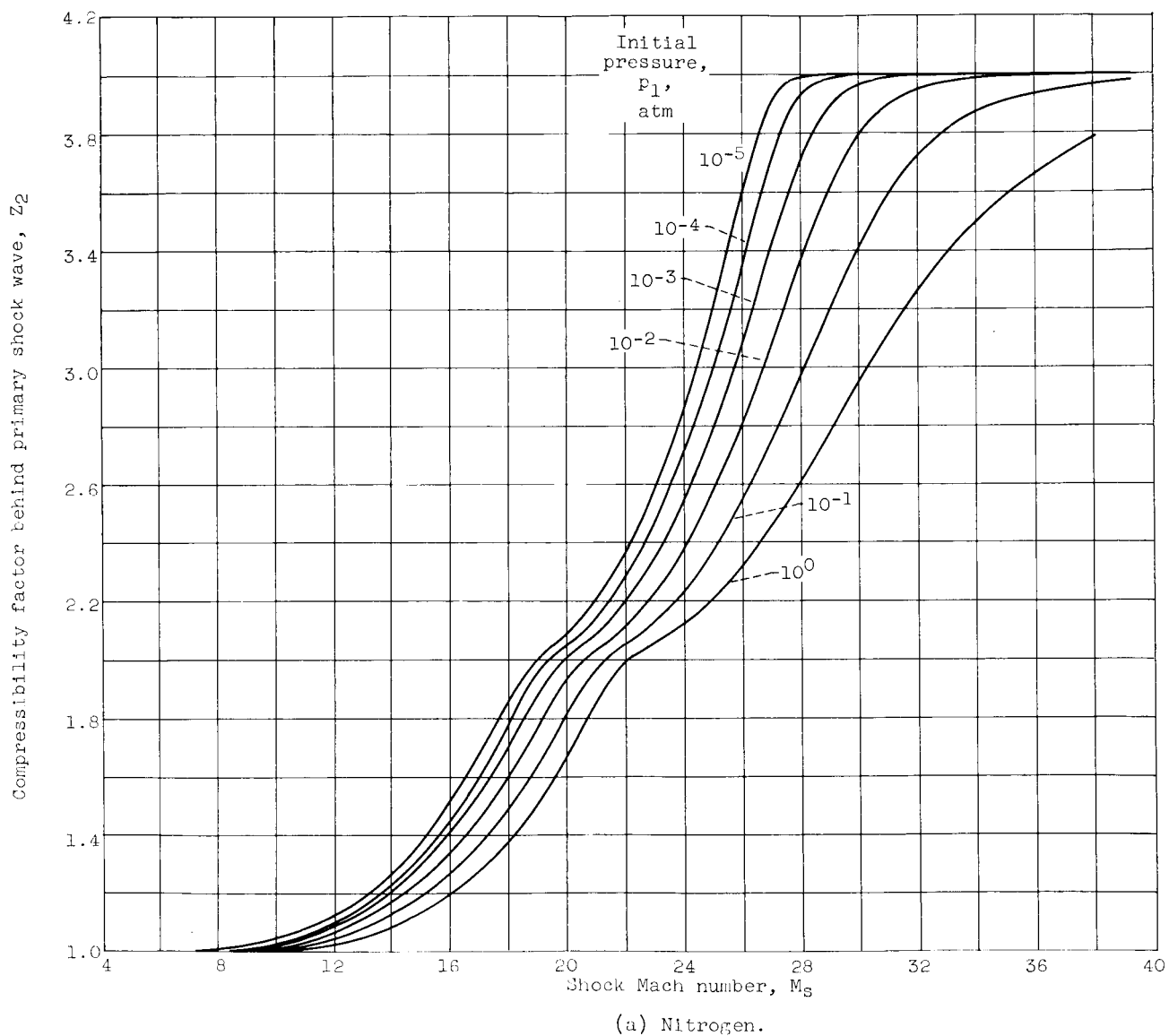
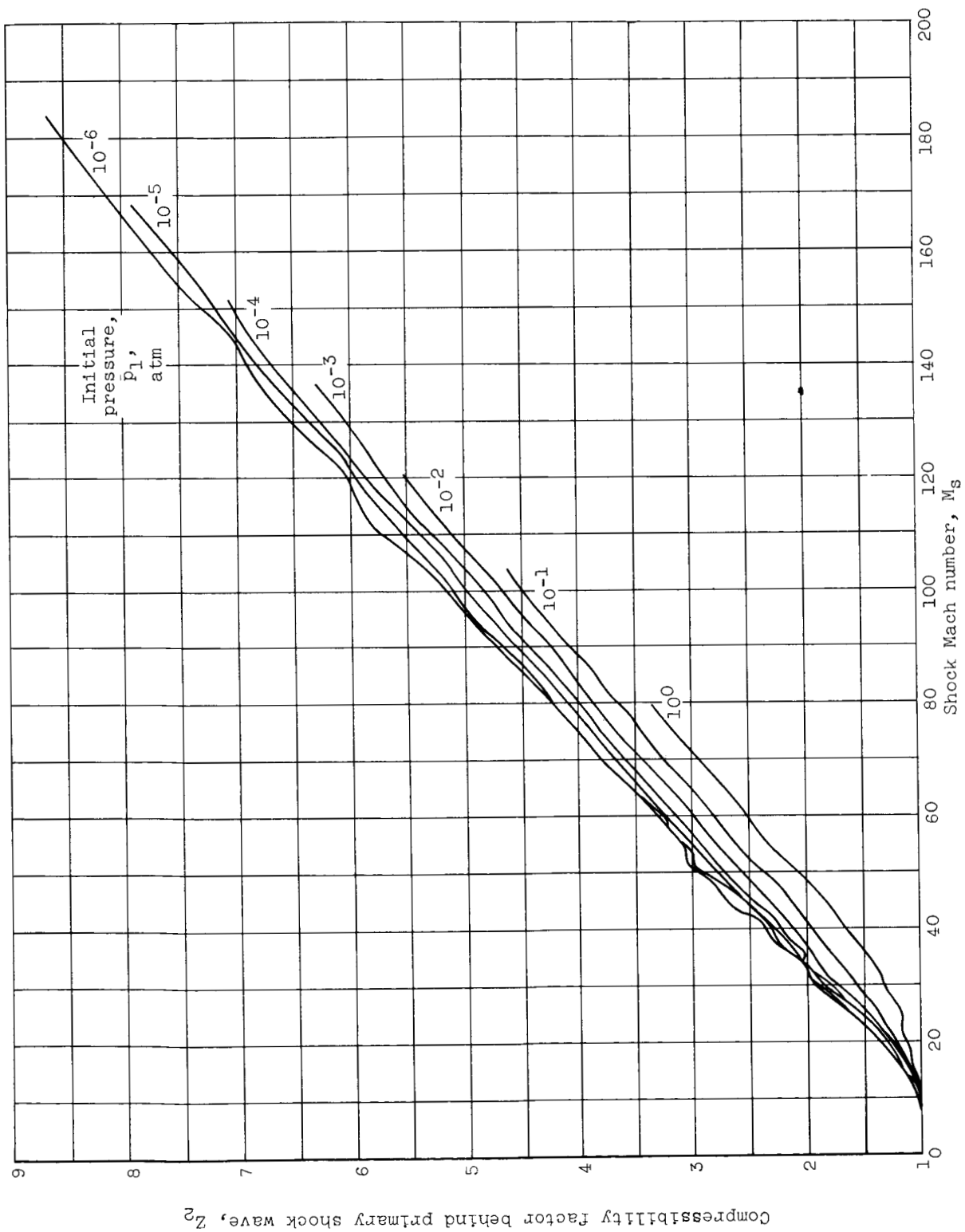


Figure 4. - Compressibility factor behind primary shock wave as function of primary shock Mach number.



(b) Argon.

Figure 4. - Concluded.

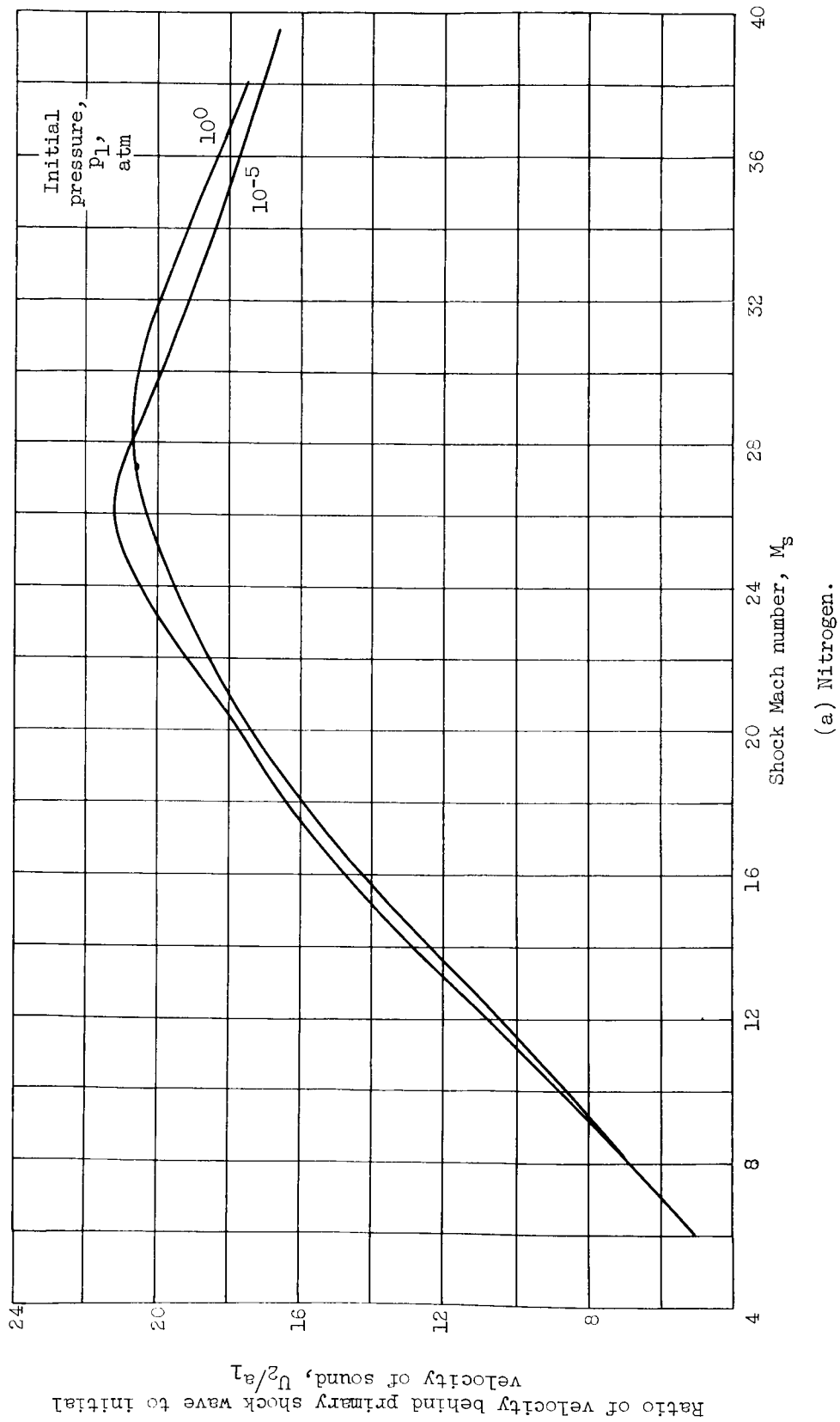
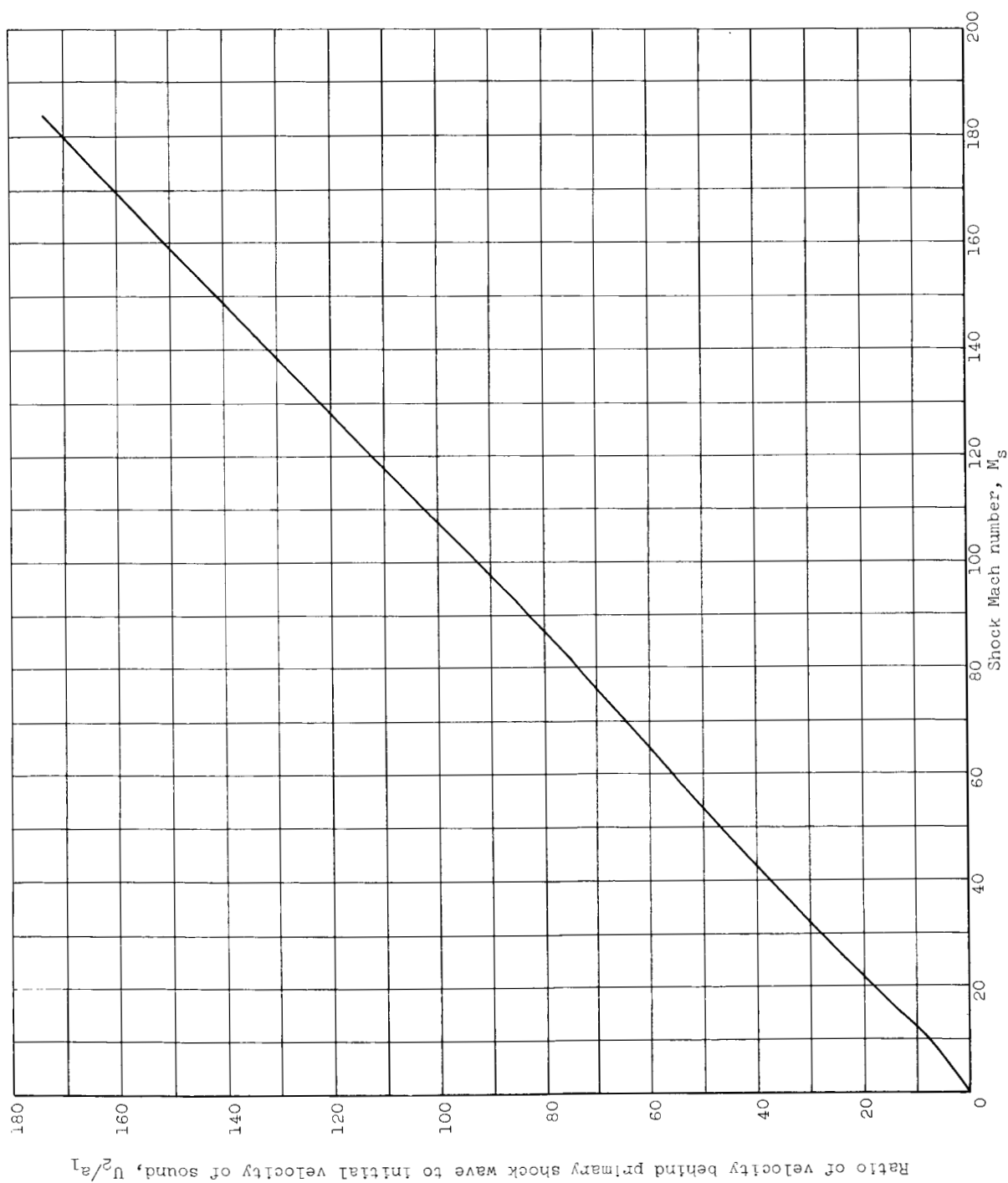


Figure 5. - Ratio of velocity behind primary shock wave to initial velocity of sound as function of primary shock Mach number.



(b) Argon. Initial pressure, 10^{-6} to 10^0 atmospheres.

Figure 5. - Concluded.

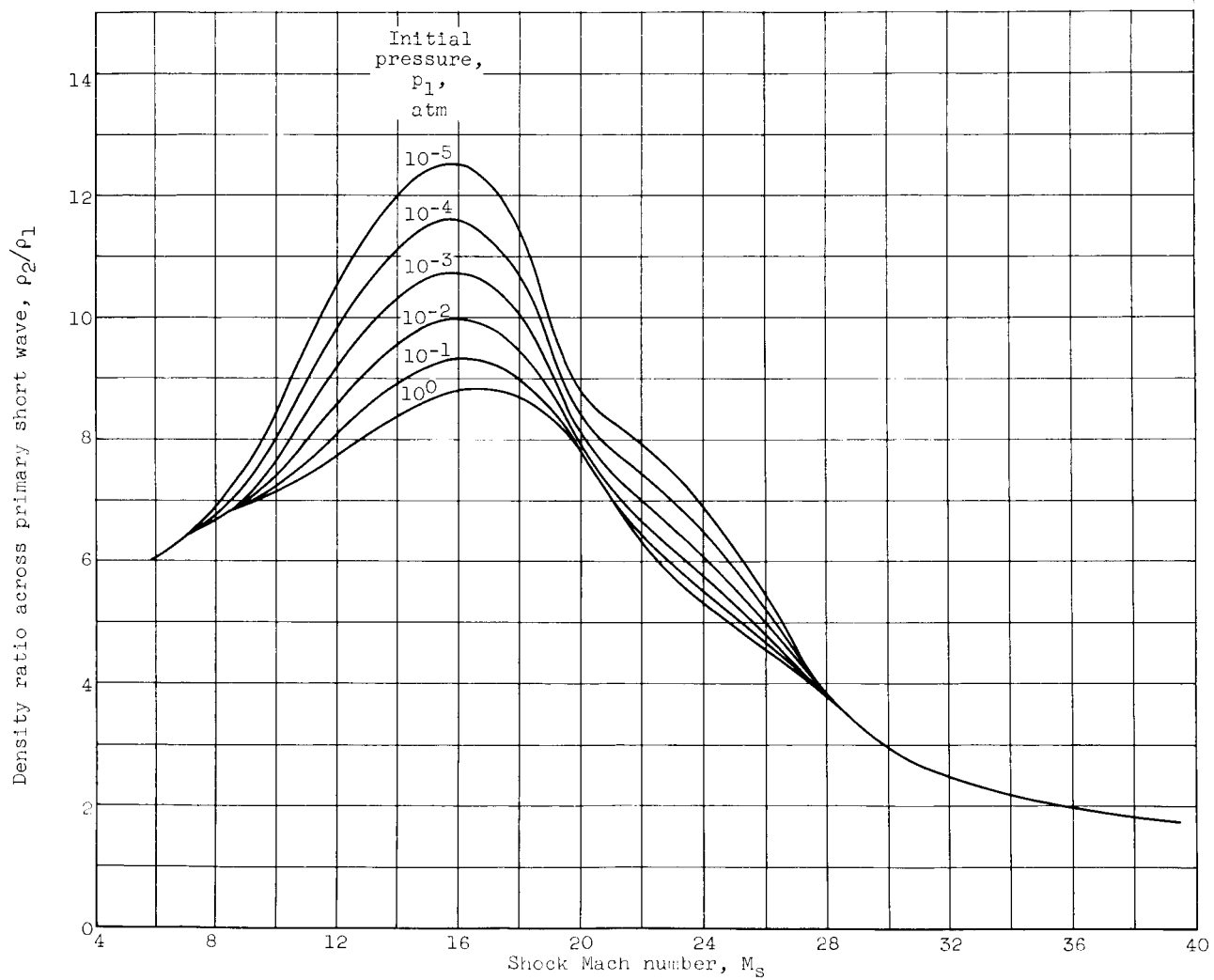
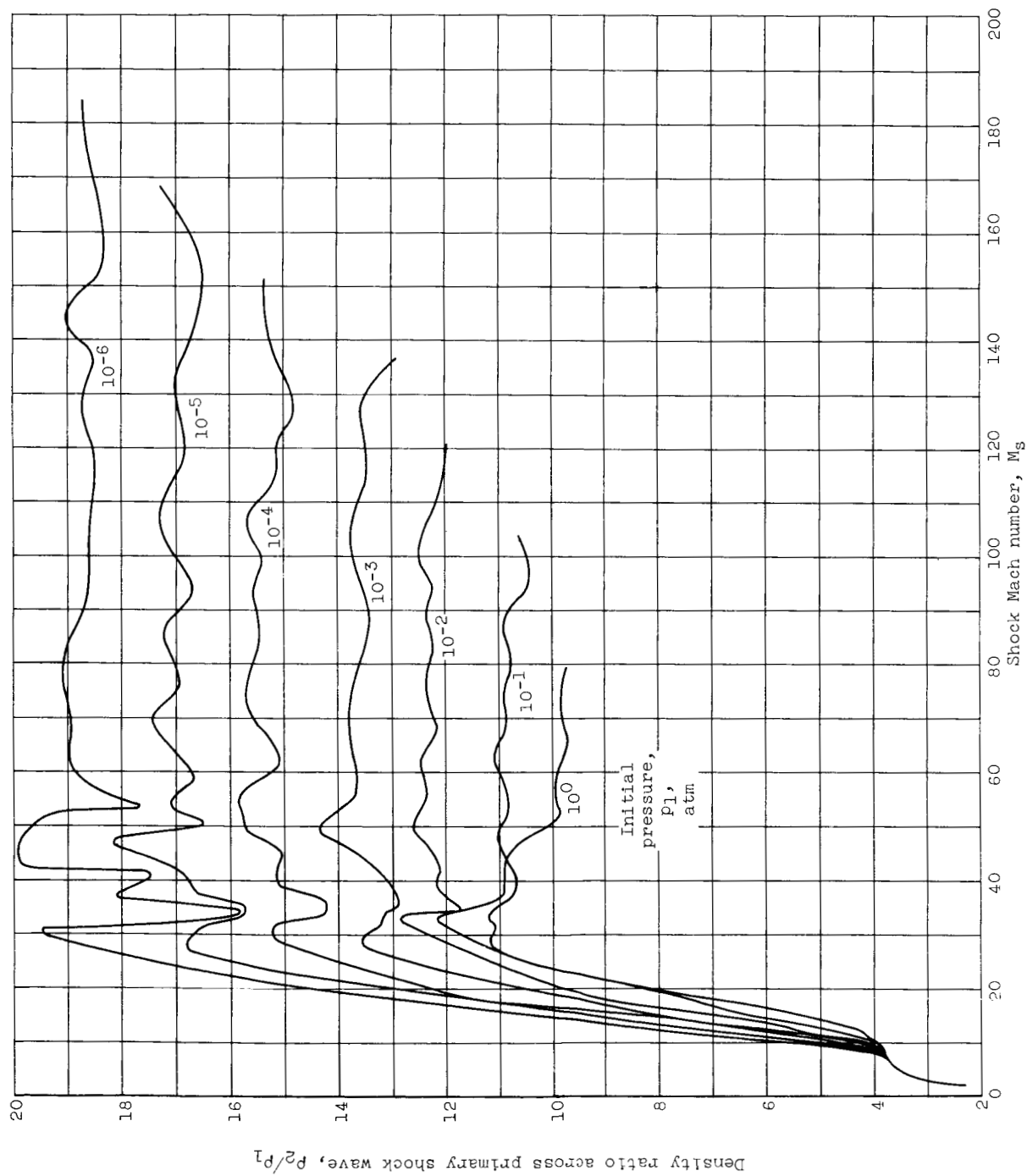
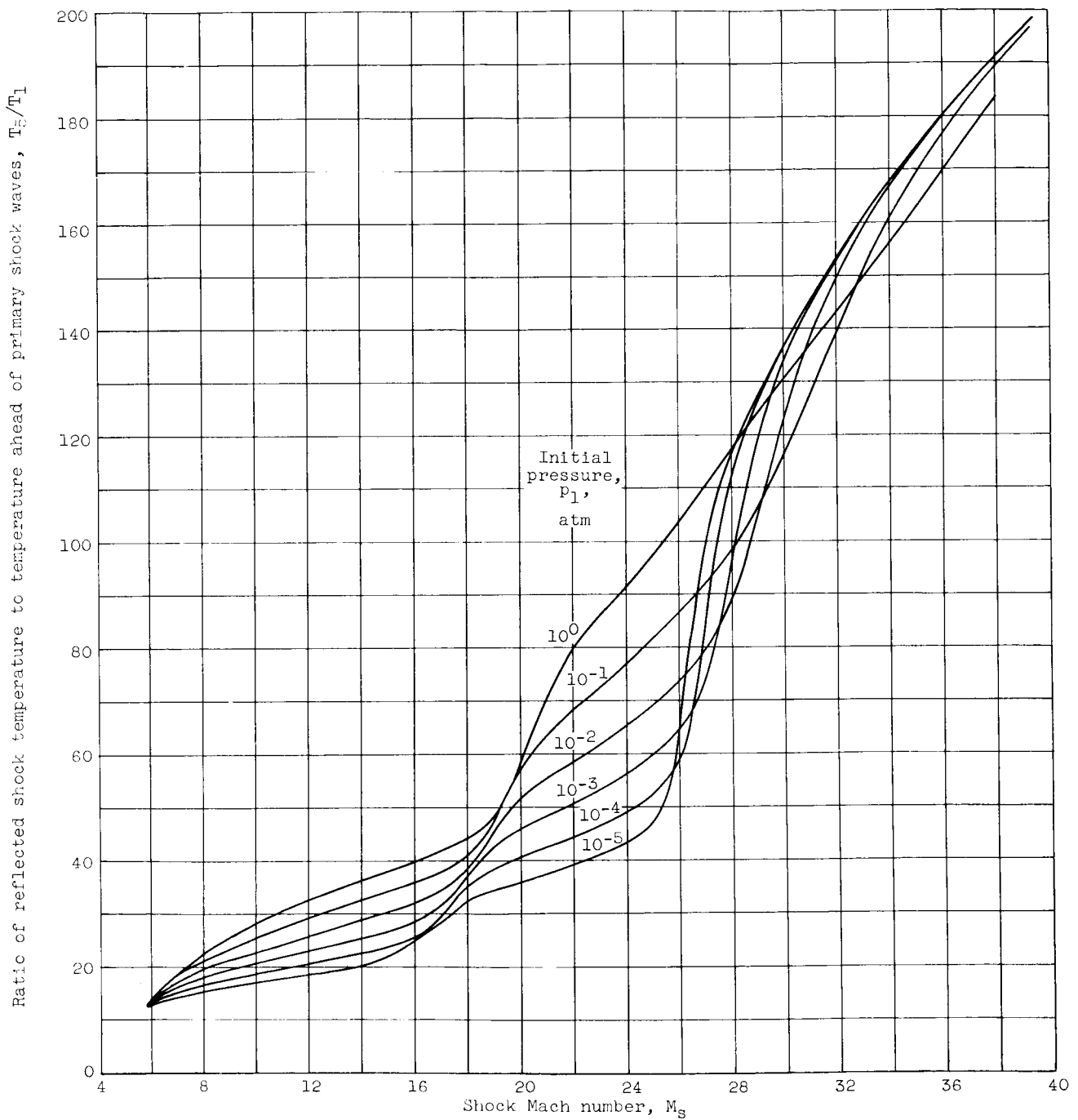


Figure 6. - Density ratio across primary shock wave as function of primary shock Mach number.



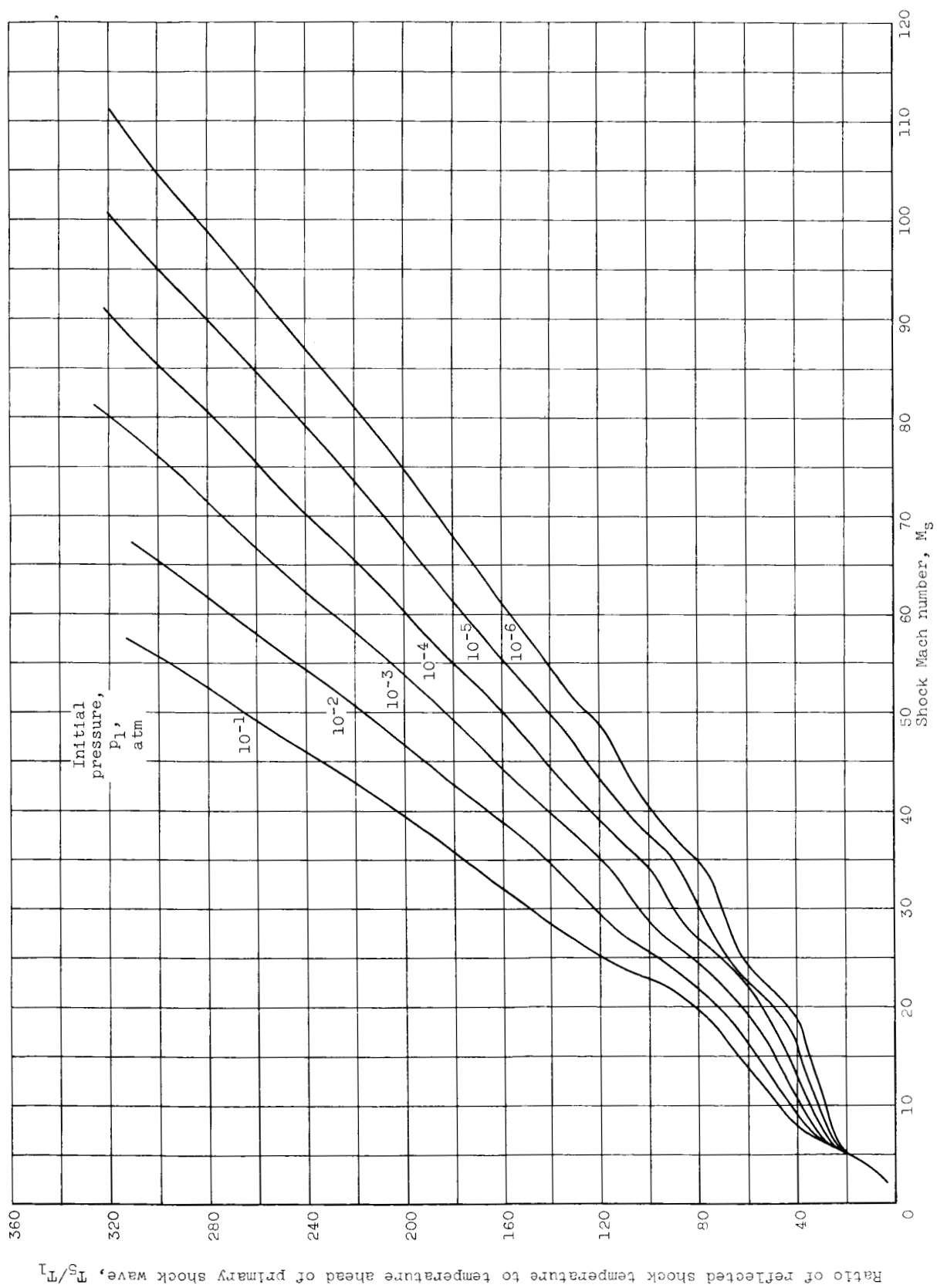
(b) Argon.

Figure 6. - Concluded.



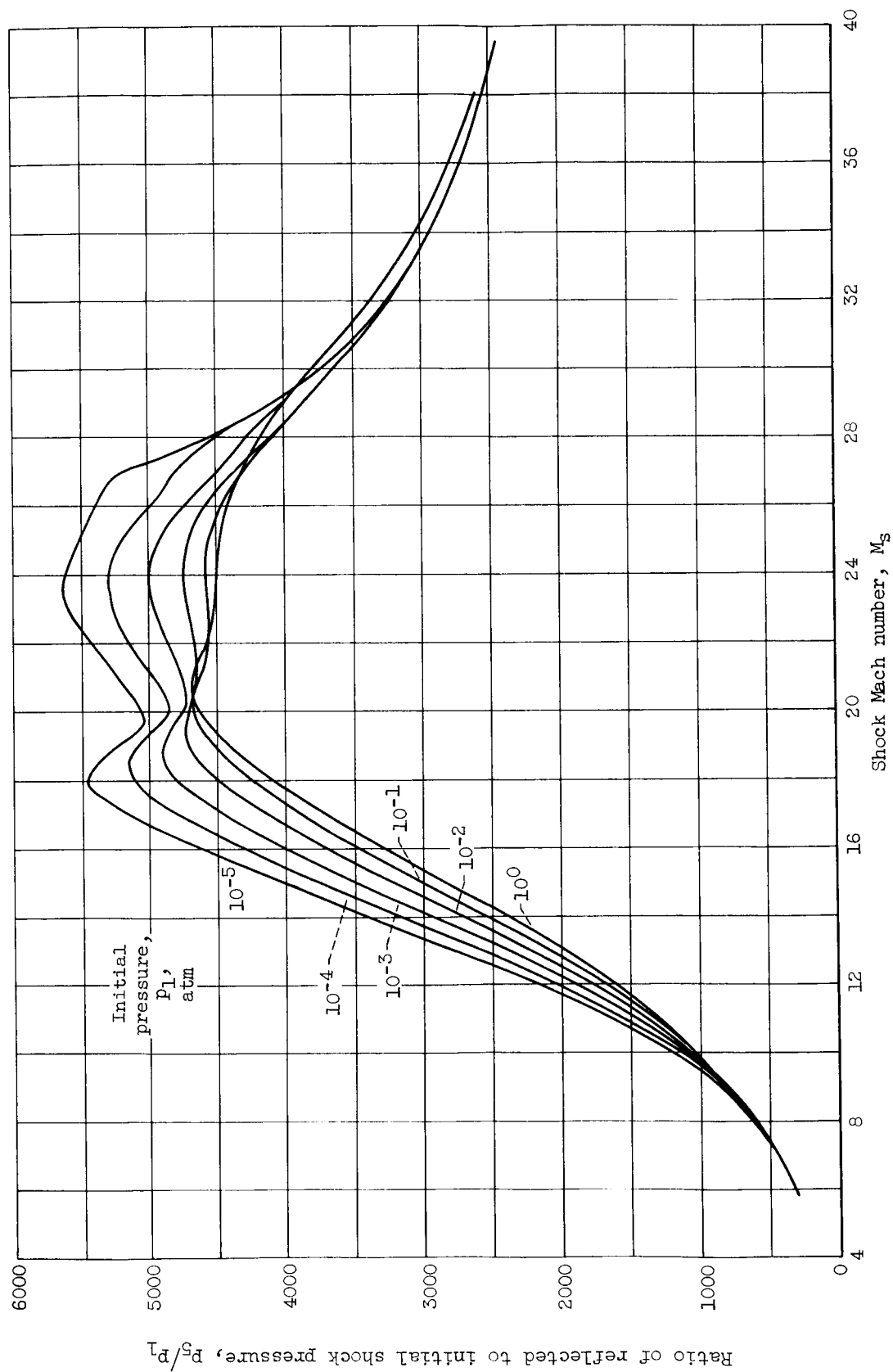
(a) Nitrogen.

Figure 7. - Ratio of reflected shock temperature to temperature ahead of primary shock wave as function of primary shock Mach number.



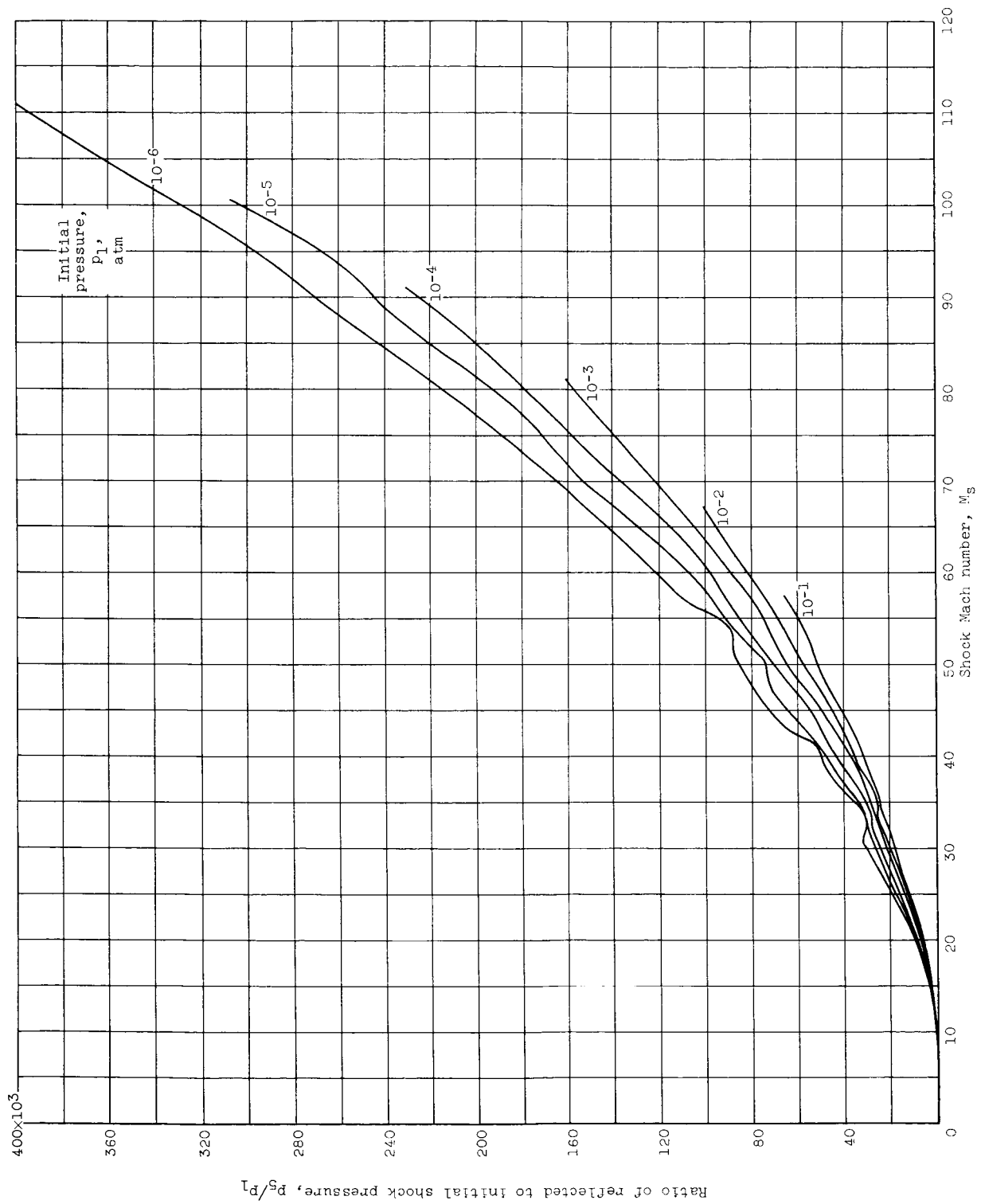
(b) Argon.

Figure 7. - Concluded.



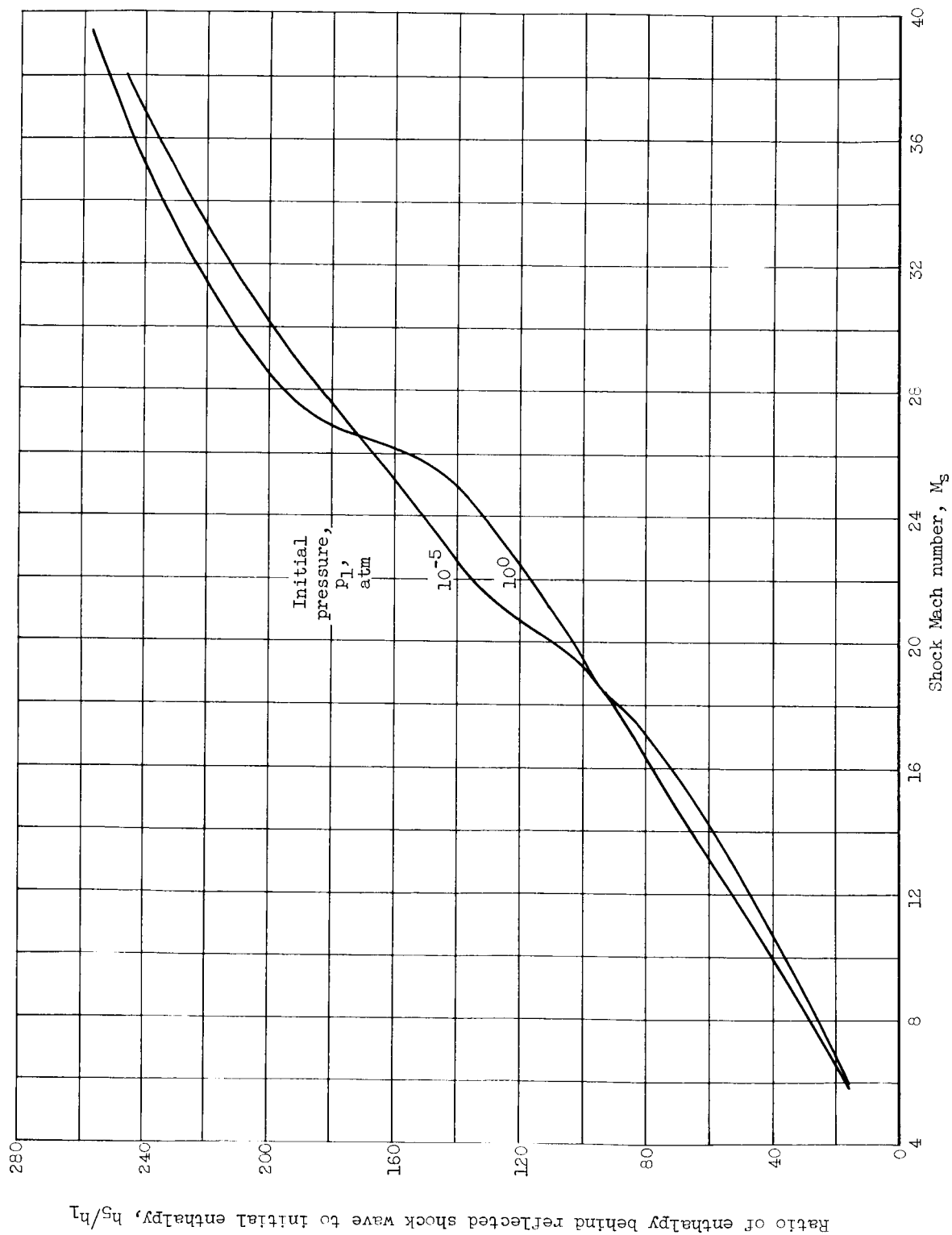
(a) Nitrogen.

Figure 8. - Ratio of reflected to initial shock pressure as function of primary shock Mach number.



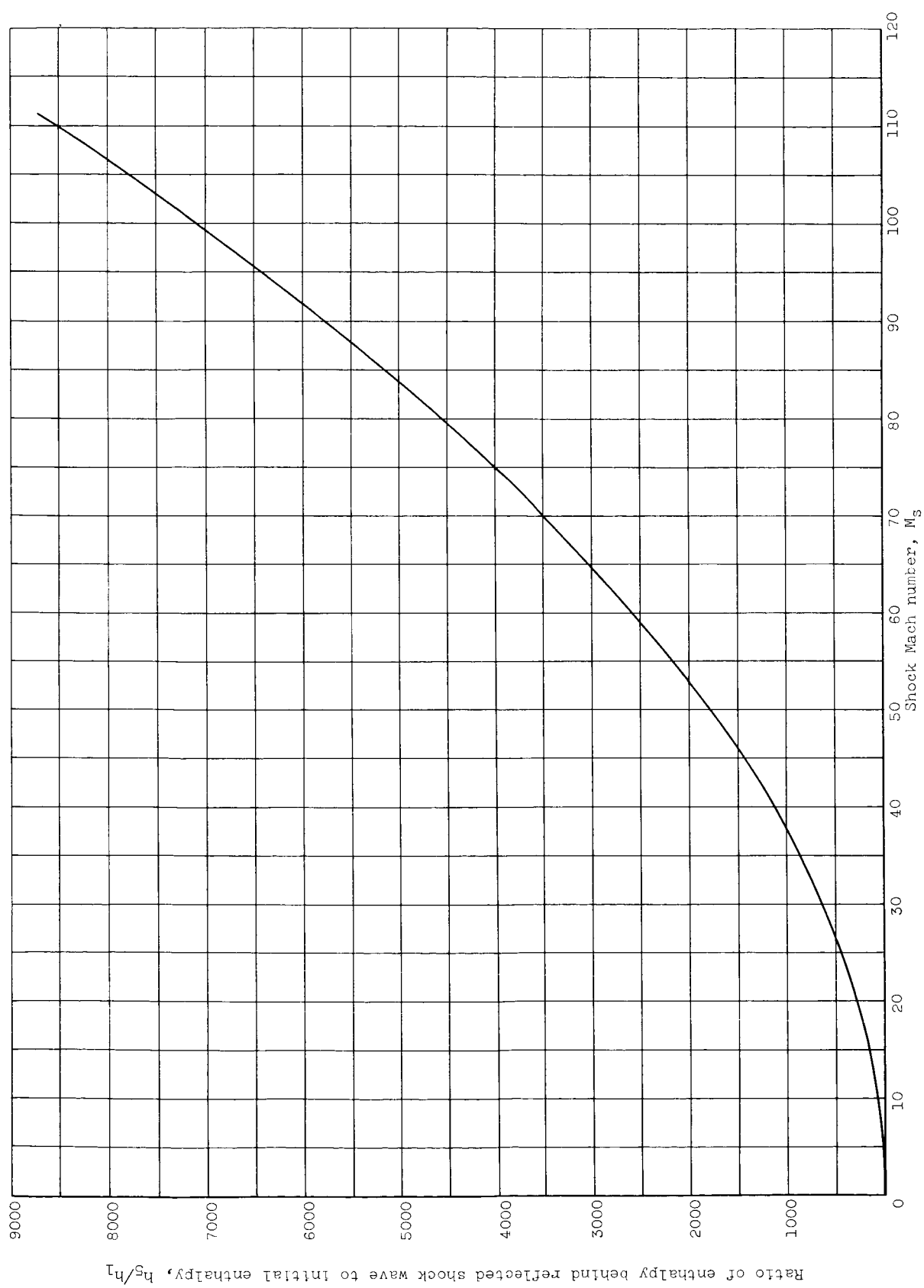
(b) Argon.

Figure 8. - Concluded.



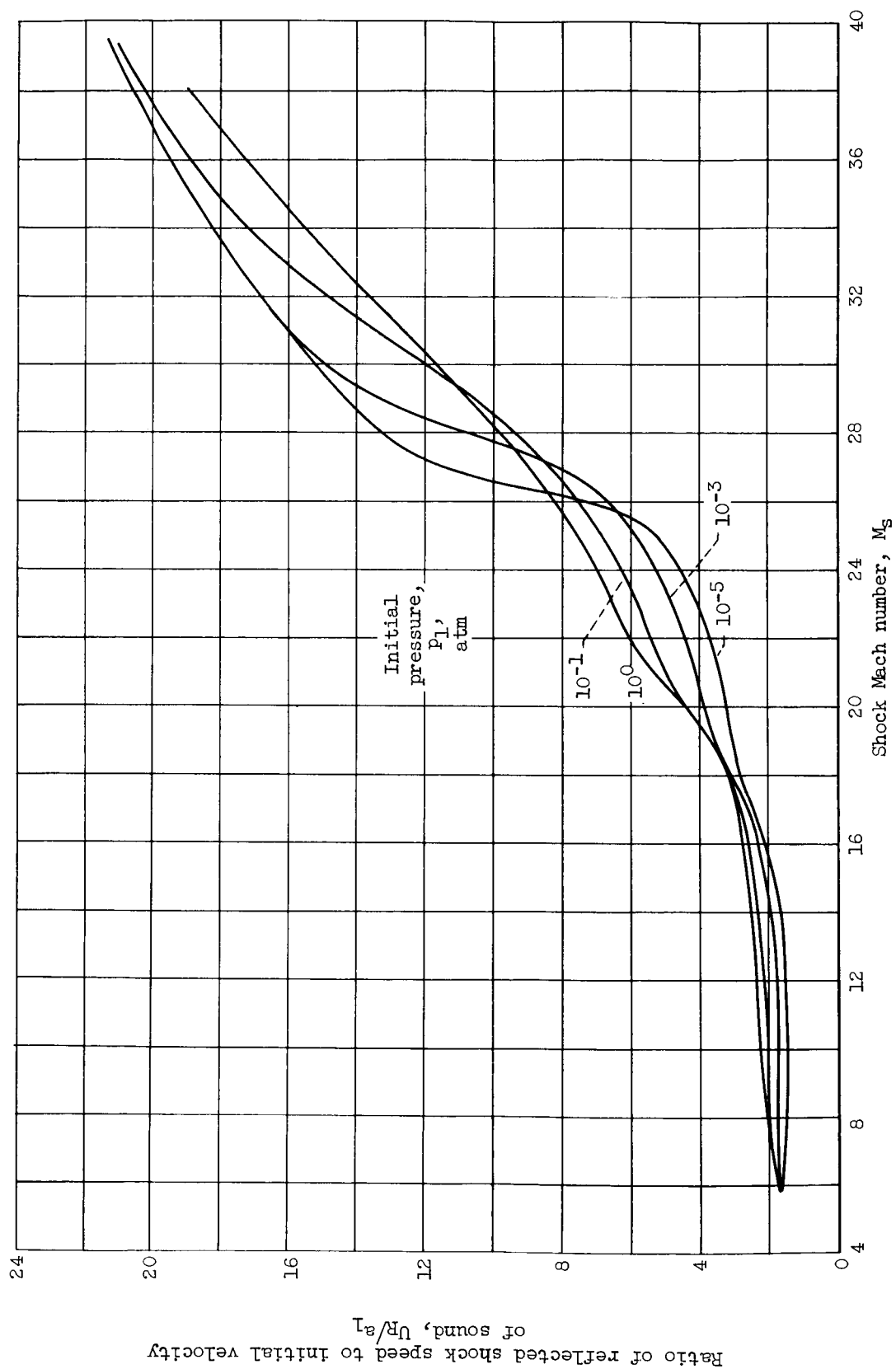
(a) Nitrogen.

Figure 9. - Ratio of enthalpy behind reflected shock wave to initial enthalpy as function of primary shock Mach number.



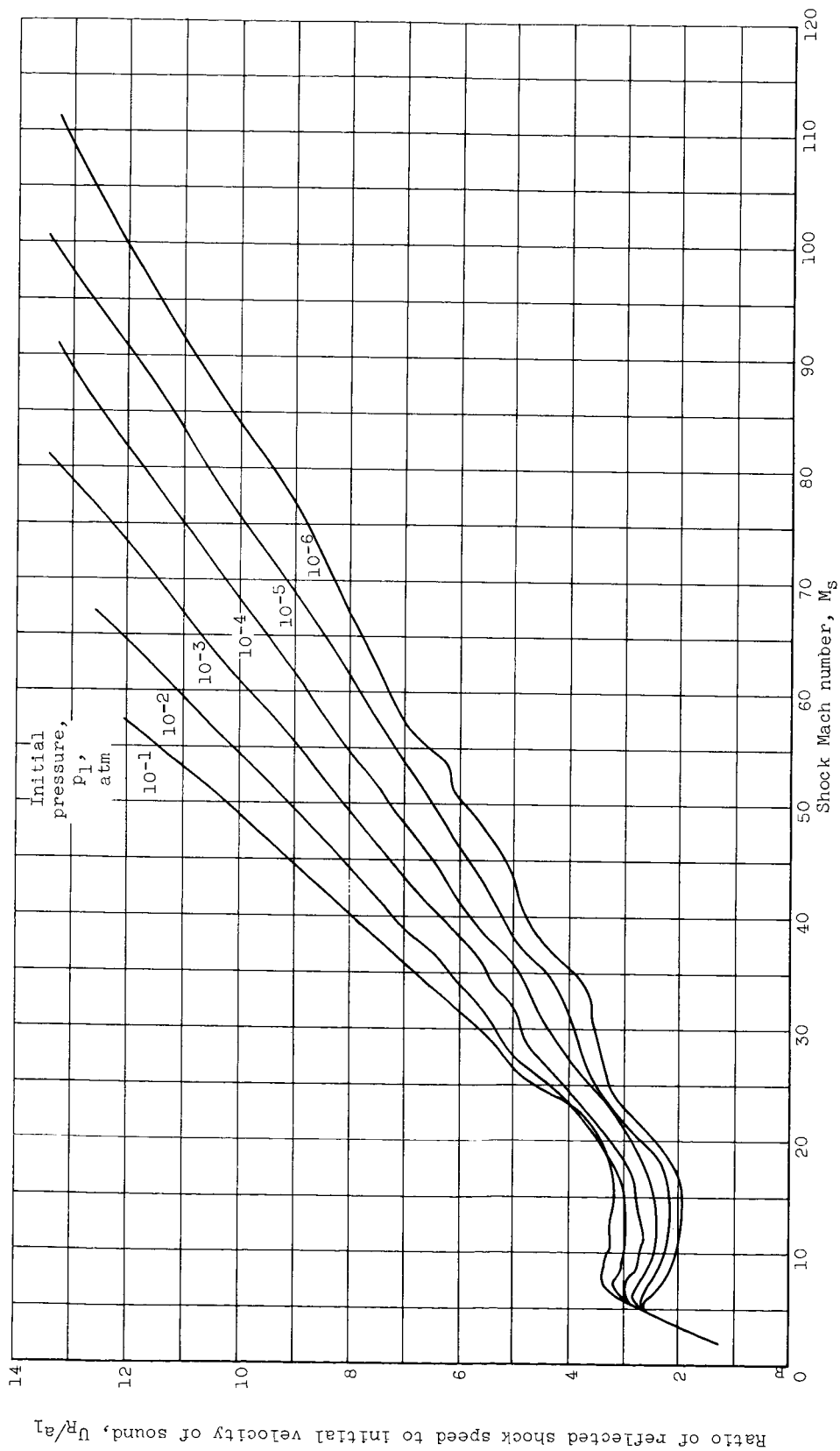
(b) Argon. Initial pressure, 10^{-6} to 10^0 atmosphere.

Figure 9. - Concluded.



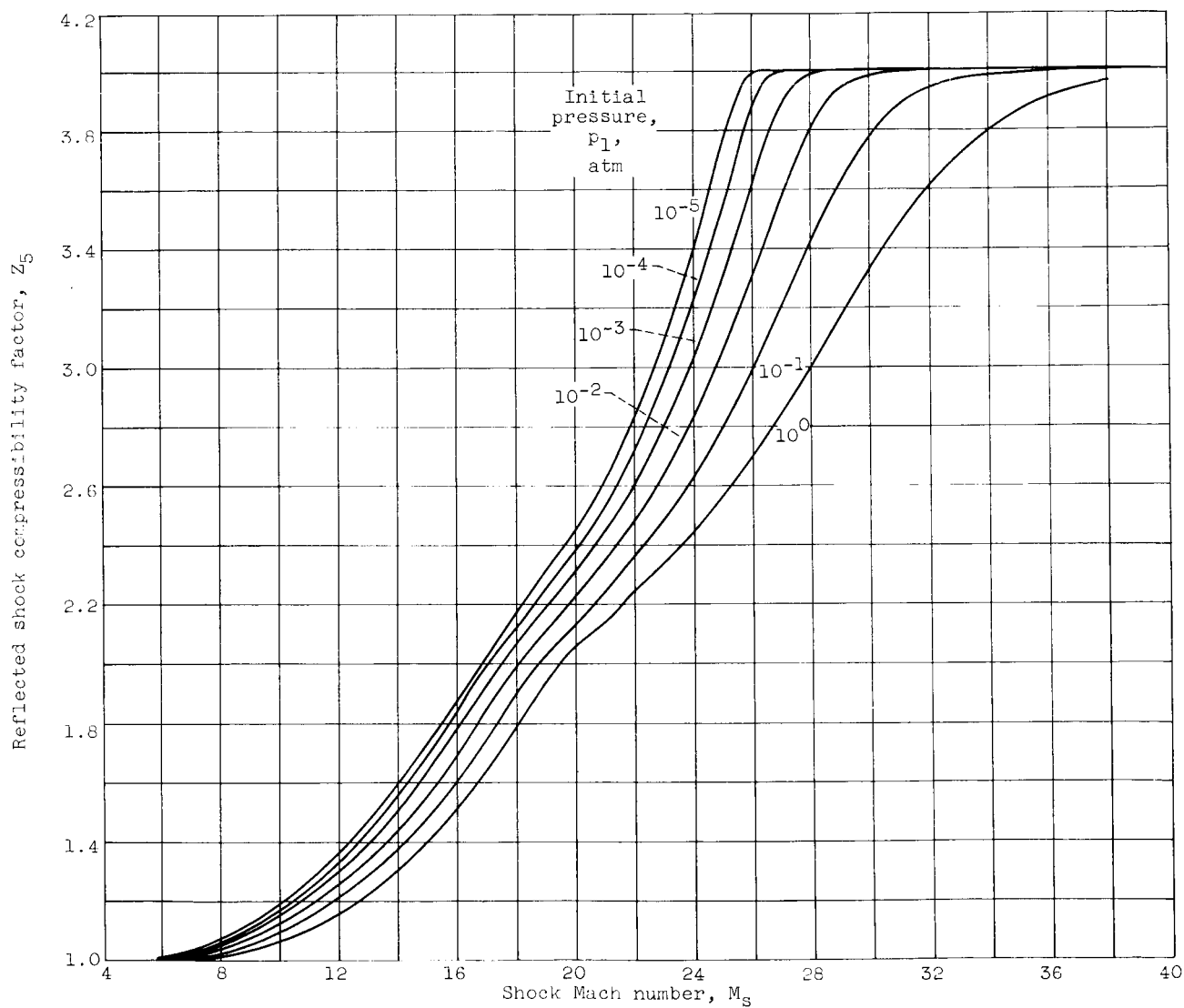
(a) Nitrogen.

Figure 10. - Ratio of reflected shock speed to initial velocity of sound as function of primary shock Mach number.



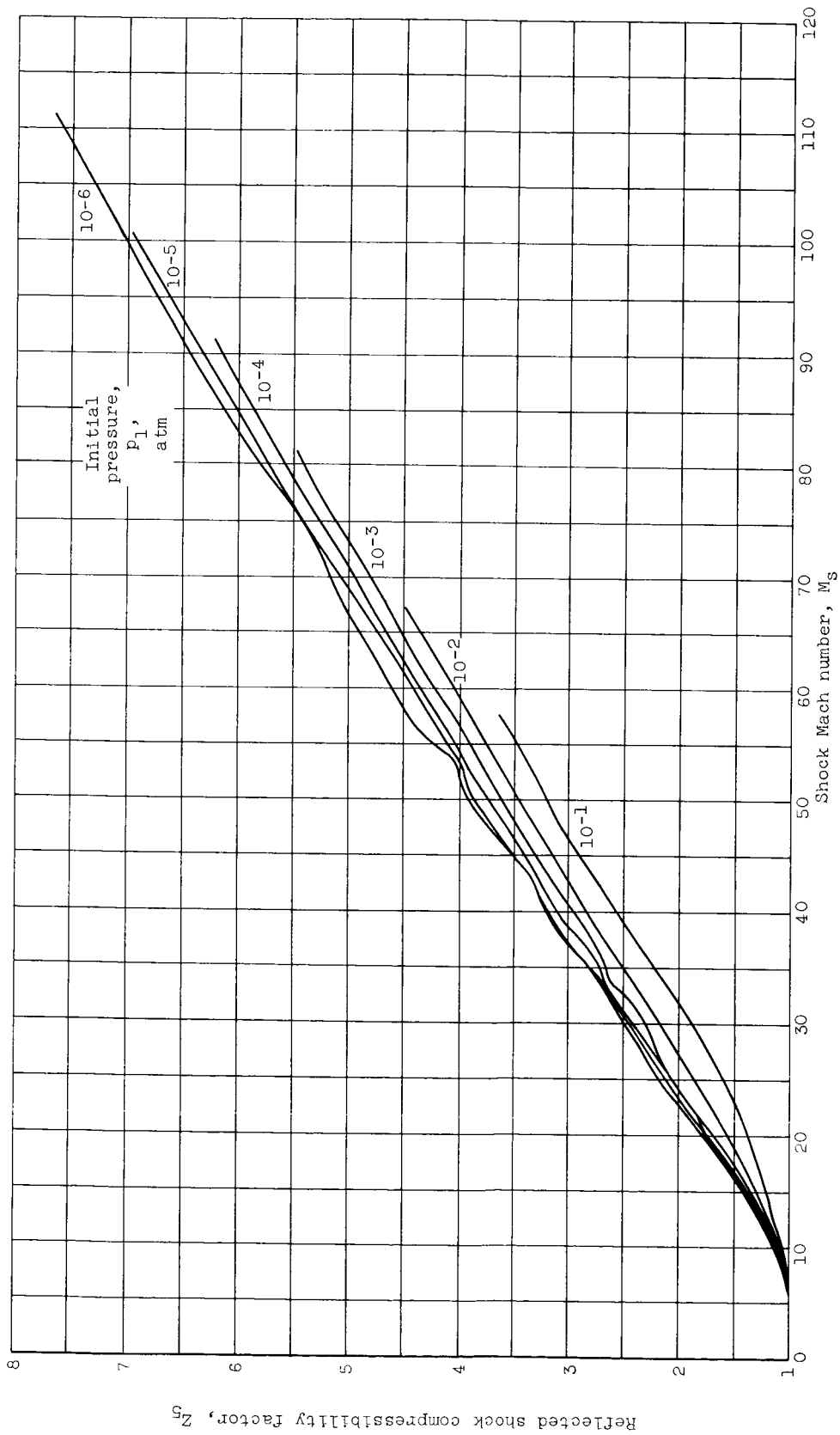
(b) Argon.

Figure 10. - Concluded.



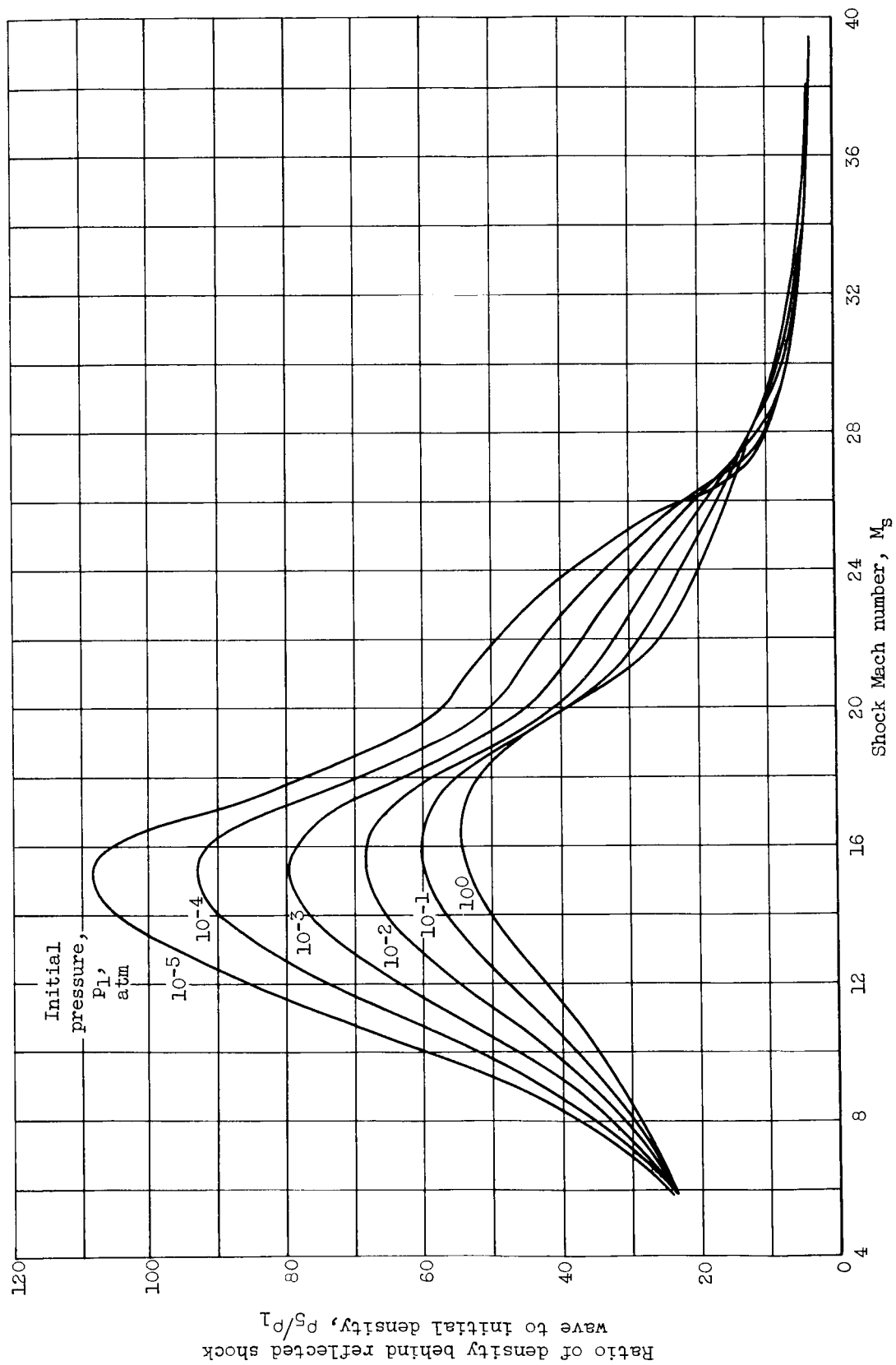
(a) Nitrogen.

Figure 11. - Reflected shock compressibility factor as function of primary shock Mach number.



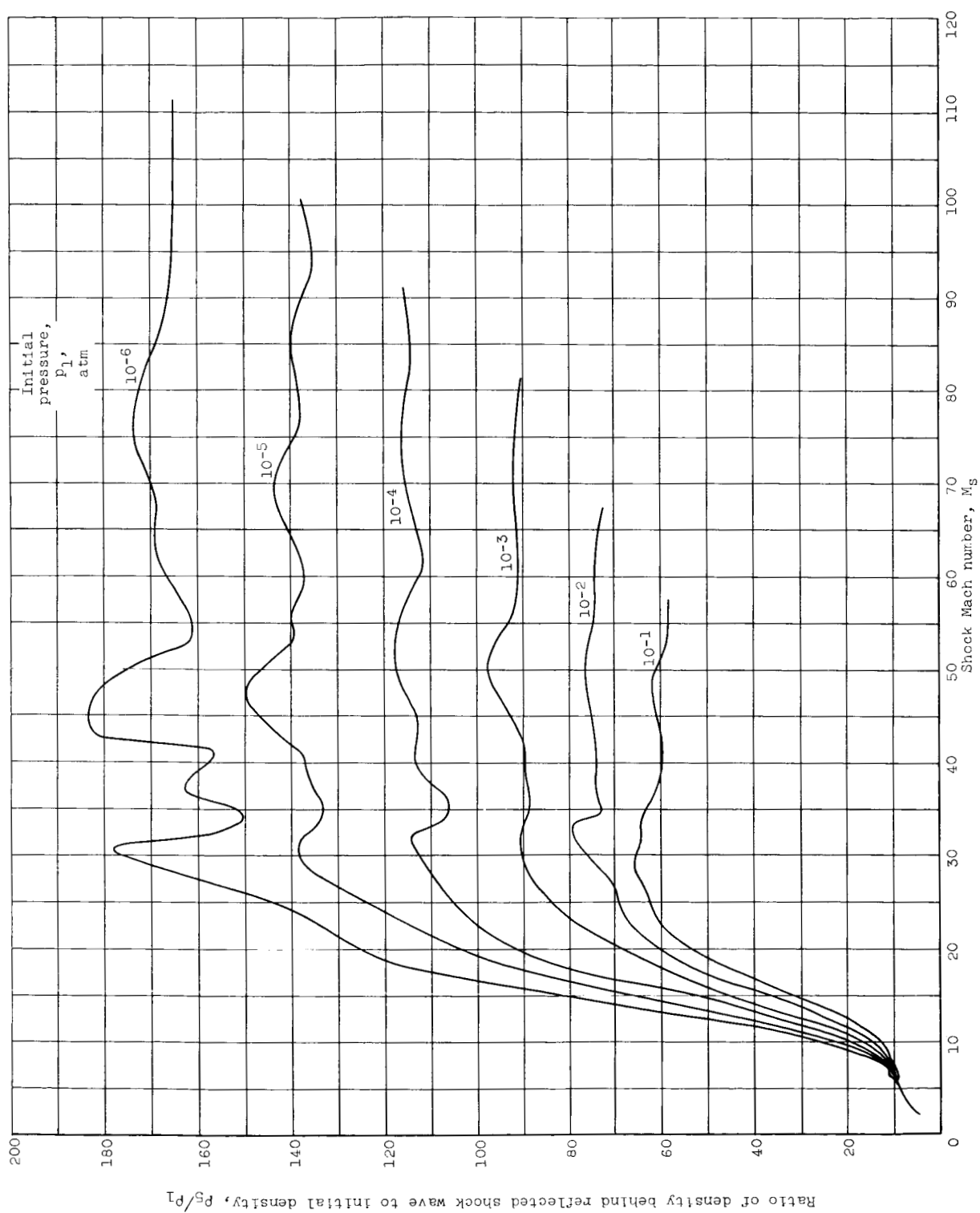
(b) Argon.

Figure 11. - Concluded.



(a) Nitrogen.

Figure 12. - Ratio of density behind reflected shock wave to initial density as function of primary shock Mach number.



(b) Argon.

Figure 12. - Concluded.